



Потенциостаты-гальваностаты

SmartStat®

Потенциостаты индустриальной серии CS-40-8, CS-15-8

(циклеры)

Руководство по эксплуатации

2026

[www.smartstat.ru](http://www.smartstat.ru)



Уважаемый пользователь! Мы благодарим Вас за приобретение и использование научного оборудования SmartStat. В этом руководстве приведены подробные характеристики потенциостатов индустриальной серии (также называемых циклерами), рекомендации по работе с ними и другая полезная информация.

Потенциостаты-гальваностаты CS-40-8 и CS-15-8 являются специализированными многоканальными приборами, разработанными для проведения испытаний химических источников тока, например, аккумуляторов в режиме циклического заряда-разряда и поэтому имеют второе, более частное название - циклеры.

В индустриальную линейку циклеров SmartStat входят две восьмиканальные модели. Они различаются рабочим интервалом напряжений и токов:

- CS-40-8 имеет интервал рабочих напряжений от +1 до +4.5 В при полном токе  $\pm 8$  А на канал (работа только при положительной полярности тестируемого источника тока, выполнение заряда и разряда, невозможно создать КЗ);
- CS-15-8 имеет интервал рабочих напряжений  $\pm 3$  В при токе  $\pm 5$  А на канал (равнозначная, симметричная работа в обеих полярностях, то есть этот прибор можно использовать как традиционный потенциостат, в частности обеспечить режим истинного КЗ для суперконденсаторов или топливных элементов с полной компенсацией падения напряжения на сопротивлении токоподводов до -3 В).



Каждая из моделей циклеров средней мощности выпускаются в нескольких исполнениях:

- В начальном «А» (включает 4 базовых метода работы – стационарные, две развертки и хроно-режим);
- В продвинутом «В» (включает в дополнение к базовым также импедансные и импульсные режимы, блок светодиодной индикации и цифровой интерфейс внешних модулей для каждого канала, параллельный режим всех каналов);
- Для модели CS-40-8 также существует уникальное исполнение «L», в котором семисегментный светодиодный индикатор исполнения «В» заменен на цветной жидкокристаллический дисплей в каждом канале и отсутствует цифровой интерфейс.

Программатор на 50 шагов и 2000 программных-сохраняемых циклов (до 1 миллиона физических) доступен в любом исполнении. Циклеры SmartStat разработаны для проведения испытаний или формирующих циклов единичных ячеек химических источников тока. Можно работать с электродом сравнения (в полуячейке), можно в четырехточечном подключении.

Каждый канал многоканальных потенциостатов CS-40-8 и CS-15-8 обеспечивает независимую работу со своей электрохимической ячейкой (по всем методам, включая развертки, импульсы и импеданс).

В исполнении «В» предусмотрен очень удобный режим параллельной работы всех каналов с кратным увеличением рабочего тока (прибор при этом становится одноканальным, присутствует быстрое программное переключение пользователем, на передней панели имеется специальный усиленный общий токовый выход для больших токов параллельного режима). Также исполнение «В» имеет в каждом канале интерфейс для подключения внешних модулей SmartStat, например датчиков температуры.

Программное обеспечение SmartSoft дает пользователю очень широкий спектр возможностей для создания рабочих программ в сочетании с легкостью и интуитивностью управления работой программы и прибора. Настоящее руководство не описывает работу с программным обеспечением SmartSoft, для этого предусмотрен отдельный документ.

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.	Базовые возможности промышленных потенциостатов SmartStat	5
2.	Краткие характеристики промышленных потенциостатов SmartStat	6
3.	Все характеристики промышленных потенциостатов SmartStat	7
4.	Комплектность поставки	12
5.	Рекомендуемые условия работы	14
6.	Запрещенные условия работы	15
7.	Защитные функции прибора	17
8.	Устройство и принцип работы	18
9.	Приемка, установка и подключение прибора	23
10.	Подключение электрохимической ячейки	25
11.	Работа с программным обеспечением SmartSoft	26
12.	Гарантийные обязательства	27

## 1. Базовые возможности промышленных потенциостатов SmartStat

Циклеры SmartStat средней мощности без дополнительных модулей обеспечивают следующие возможности, индивидуально и независимо в каждом канале:

### Основные

- Регистрация потенциала разомкнутой цепи (измерение потенциала и напряжения)
- Потенциостатический режим работы (контроль-задание потенциала и напряжения)
- Гальваностатический режим работы (контроль-задание тока)
- Линейная и циклическая развертка потенциала (потенциодинамика)
- Линейная и циклическая развертка тока (гальванодинамика)
- Хроноамперометрия, хронопотенциометрия, хронокулонометрия
- Потенциостатический и гальваностатический сигналы произвольной формы

### Импеданс (только в исполнении «В»)

- Регистрация спектров импеданса от 10 кГц до 100 мкГц (повышение частоты при помощи FRA невозможно)
- Режим развертки частоты (EIS)
- Развертка потенциала или тока (PDEIS), от времени, для заданной частоты (координаты Мотта-Шоттки и другие)
- Автоматический расчет и вывод амплитуд гармоник с 2 по 7

### Импульсные методы (только в исполнении «В»)

- Импульсный (осциллографический) режим развертки потенциала и тока (быстрая развертка)
- Импульсный потенциостатический и гальваностатический сигналы произвольной формы
- Потенциостатическое и гальваностатическое прерывистое титрование (PITT и GITT) с расширенным выбором получаемых результатов

### Программатор

- Режим пошагового циклического программатора из 50 шагов
- 2000 программных циклов программатора, 1 миллион выполняемых циклов
- Возможность не зацикливать несколько первых шагов программатора
- Возможность увеличивать или умножать на заданное значение один из параметров, через заданное количество циклов программатора
- Режим планировщика для автоматического запуска подряд нескольких файлов программатора
- Циклический заряд - разряд ХИТ (программатор)
- Возможность зациклить весь программатор (незацикливаемые+зацикливаемые шаги) формируя вложенный цикл

### Расширенная автоматика

- До 11 гибких критериев остановки эксперимента, текущего шага или цикла и до 6 способов реагирования на них
- Пользовательская защита по току и потенциалу, а также характеристики образца
- Настраиваемая функция отслеживания разрыва цепи электрода сравнения
- Автоматические диапазоны тока в потенциостате, автозагрубка диапазона потенциала в гальваностате
- Автоматическое (с настройками) измерение омического сопротивления импульсно и импедансом
- Функции автоматической самодиагностики на встроенном эквиваленте
- Автоматическое поддержание псевдопостоянной мощности или сопротивления путем программного регулирования тока

### Аппаратные возможности

- 2, 3 4-электродные схемы подключения (два токовых и два потенциальных электрода).
- Режим параллельной работы всех каналов с кратным увеличением рабочего тока (только в исп. «В»)
- Встроенная энергонезависимая память экспериментальных данных на 5.3 миллиона точек данных
- Продолжение работы при отключении управляющего ПК
- АЦП разрядностью 16 бит с программным расширением до 20 бит (разрешение 10 мкВ), быстродействием 160 кГц (исп. «В») или 400 Гц (исп. «А»)
- Цифро-аналоговый преобразователь 16 бит (разрешение 160 мкВ)
- Цифровой интерфейс для подключения внешних модулей SmartStat промышленной серии (только в исп. «В»)
- Вывод цифрового кода состояния канала (номер цикла и шага программатора, тип работы шага) в цифровой интерфейс при отсутствии подключенных внешних модулей (только исп. «В»)
- 7-ми сегментный индикатор на три разряда для индивидуального отображения статуса каждого канала (только «В»)
- Цветной жидкокристаллический дисплей для вывода цифровой информации в каждом канале (только исп. «L»)
- Датчики температуры для управления оборотами вентиляторов и защиты от перегрева (только исп. «В» и «L»)

## 2. Краткие характеристики промышленных потенциостатов SmartStat

Ниже приведен краткий набор характеристик, рекомендуемый для составления ТЗ при покупке циклера. Этих характеристик достаточно, чтобы однозначно охарактеризовать прибор при закупке и приемке.

Характеристика	CS-40-8 «А»	CS-40-8 «В»	CS-40-8 «L»	CS-15-8 «А»	CS-15-8 «В»
Количество каналов	8				
Количество базовых предустановленных методик работы	4 (ВА)	9 (ВА, импульсы, импеданс)	9 (ВА, импульсы, импеданс)	4 (ВА)	9 (ВА, импульсы, импеданс)
Рабочие напряжения	От +1 до +4.5 В	От +1 до +4.5 В	От +1 до +4.5 В	±3 В	±3 В
Максимальный ток	8 каналов по ±8 А	8 каналов по ±8 А	8 каналов по ±8 А	8 каналов по ±5 А	8 каналов по ±5 А
Максимальный ток в параллельном режиме каналов	-	±65 А	±65 А	-	±40 А
Диапазоны потенциала	±5 В	±5 В	±5 В	±5 В	±5 В
Диапазоны тока	1 диапазон, соответствует максимальному току				
Минимальный рабочий ток	100 мА				
Импеданс	-	10 кГц – 100 мкГц	10 кГц – 100 мкГц	-	10 кГц – 100 мкГц,
Подключение ячейки	2, 3, 4 электрода				
Разрядность АЦП / ЦАП	2x16 (20 программно) бит / 16 бит				
Максимальная скорость регистрации	400 Гц	400 Гц (160 кГц импульсно)	400 Гц (160 кГц импульсно)	400 Гц	400 Гц (160 кГц импульсно)
Цифровой интерфейс внешних модулей	-	Есть, поканально	Есть, поканально	-	Есть, поканально
Индикатор статуса канала	-	7-ми сегментный поканально	Цветной ЖКИ поканально	-	7-ми сегментный поканально

При необходимости, ранее приобретенный потенциостат в исполнении «А» проапгрейдить до комплектации «В» в сервисном центре производителя за дополнительную плату. Исполнение «L» поставляется в таком виде изначально и не совместимо с другими исполнениями.

Промышленные потенциостаты SmartStat в исполнении «В» поддерживают следующие методы работы, также возможны их комбинации в программаторе и планировщике:

- Стационарные: OCP, POT, BE, CP, CC, CA, CP, CR
- Вольтамперометрия: LSV, CV, ASV, CSV, AdSV, RCP, LRP, DGP, CPP, LRP
- Импульсные: AD, PAD, MA, CSCP, CSCA, VSTEP, ISTEP, FSCV
- Импеданс: EIS-POT, EIS-GAL, IMP, IMPT, PDEIS, EIS-MOTT, IMPE
- Источники тока: CCD, GCD, PCD, ESR, CC, CV, EIS, CC-CV, PITT, GITT

Для получения большей информации о возможностях программного обеспечения SmartSoft, обратитесь, пожалуйста, к его руководству эксплуатации (pdf файл в папке документации на установочном диске или в загрузках на сайте производителя).

### 3. Все характеристики промышленных потенциостатов SmartStat

Все характеристики приведены для одного канала прибора и соответствуют базовой комплектации.

Характеристика	CS-40-8 «А»	CS-40-8 «В»	CS-40-8 «L»	CS-15-8 «А»	CS-15-8 «В»
	<b>Основные характеристики</b>				
Количество каналов	8				
Предустановленные методики работы	Стационарные Лин. развертка Цикл. Развертка Хроно	Стационарные Лин. развертка Цикл. Развертка Хроно Импеданс Импеданс EIT Импульс Имп. Развертка PITT GITT	Стационарные Лин. развертка Цикл. Развертка Хроно Импеданс Импеданс EIT Импульс Имп. Развертка PITT GITT	Стационарные Лин. развертка Цикл. Развертка Хроно	Стационарные Лин. развертка Цикл. Развертка Хроно Импеданс Импеданс EIT Импульс Имп. Развертка PITT GITT
Цифровой интерфейс внешних модулей	-	Есть, поканально	-	-	Есть, поканально
Индикатор статуса канала	-	7-ми сегментный	Цветной ЖКИ	-	7-ми сегментный
Параллельный режим каналов	-	Есть	Есть	-	Есть
Подключение ячейки	2, 3, 4, электродов				
Контроль ячейки	Потенциостатический, гальваностатический, вольтметр (разомкнутая цепь)				
Максимальная поляризующая мощность	36 Вт	36 Вт	36 Вт	15 Вт	15 Вт
Максимальная нагрузочная мощность	36 Вт	36 Вт	36 Вт	15 Вт	15 Вт
	<b>Напряжения, потенциалы</b>				
Максимальное поляризующее напряжение (задаваемое)	Не симметричное, однополярное: От +1 до +4.5 В <sup>(1)</sup>	Не симметричное, однополярное: От +1 до +4.5 В <sup>(1)</sup>	Не симметричное, однополярное: От +1 до +4.5 В <sup>(1)</sup>	Симметричное, двухполярное: ±3 В <sup>(1)</sup>	Симметричное, двухполярное: ±3 В <sup>(1)</sup>
Диапазоны потенциала и их разрешения по АЦП (измеряемое)	Симметричный, двухполярный: ±5 В (10/11 мкВ) <sup>(1)</sup>				
Предел допустимой приведенной погрешности для диапазона потенциала	±0.2% (погрешность приведена к верхнему пределу диапазона)				
Входное сопротивление электрометра и входной ток	10 <sup>10</sup> Ом, менее 90 пА				
Скорость развертки потенциала	От 1 мкВ/с до 10 В/с				

<b>Токовые характеристики</b>					
Максимальный рабочий ток каждого канала	± 8 А	± 8 А	± 8 А	± 5 А	± 5 А
Максимальный рабочий ток в параллельном режиме всех каналов	-	± 65 А	± 65 А	-	± 40 А
Диапазоны тока	1 диапазон, соответствует максимальному току				
Разрешение по току	1/500000 от максимума диапазона				
Минимальный рекомендуемый рабочий ток	100 мА				
Предел допустимой приведенной погрешности для диапазона тока	0.75% (погрешность приведена к верхнему пределу диапазона)				
<b>Система сбора данных (АЦП, ЦАП)</b>					
АЦП	16 бит физически (20 бит программно), 2 синхронных канала быстродействием 160 кГц				
ЦАП	16 бит				
Минимальная высота ступени в развертке на диапазоне 5 В (номинально / максимально)	160 / 165 мкВ				
Скорость регистрации данных	От 400 до 0.001 точек в секунду в потоковых режимах				
Объем энергонезависимой памяти	5.3 миллиона точек данных на постоянном токе для данных тока и потенциала, 2000 программных циклов (1 миллион физических циклов)				
<b>Импульсные режимы (только исполнения «В» и «L»)</b>					
Разрешение по времени АЦП (регистрация)	-	От 6.25 мкс до 25600 мкс, автоматически по приоритетам пользователя	От 6.25 мкс до 25600 мкс, автоматически по приоритетам пользователя	-	От 6.25 мкс до 25600 мкс, автоматически по приоритетам пользователя
Массив данных на один импульс или цикл развертки	-	До 4000 точек, задается автоматически по приоритетам пользователя	До 4000 точек, задается автоматически по приоритетам пользователя	-	До 4000 точек, задается автоматически по приоритетам пользователя
Разрешение по времени ЦАП (задатчик)	-	От 50 мкс до 1 с	От 50 мкс до 1 с	-	От 50 мкс до 1 с
Скорость развертки потенциала	-	От 1 В/с до 100 В/с	От 1 В/с до 100 В/с	-	От 1 В/с до 100 В/с
<b>Регистрация спектров импеданса (только исполнения «В» и «L»)</b>					
Тип возбуждения	-	Синусоидальный, одна гармоника (частота)	Синусоидальный, одна гармоника (частота)	-	Синусоидальный, одна гармоника (частота)

		одновременно. Стационарный импеданс потенциостатически и гальваностатически	одновременно. Стационарный импеданс потенциостатически и гальваностатически		одновременно. Стационарный импеданс потенциостатически и гальваностатически
Диапазон частот	-	10 кГц – 100 мкГц	10 кГц – 100 мкГц	-	10 кГц – 100 мкГц
Измеряемые модули импеданса	-	От 2 Ом До 0.6 МОм <sup>(2)</sup>	От 2 Ом До 0.6 МОм <sup>(2)</sup>	-	От 2 Ом До 0.9 МОм <sup>(3)</sup>
Разрешение по частоте	-	0.01% <sup>(4)</sup>	0.01% <sup>(4)</sup>	-	0.01% <sup>(4)</sup>
Амплитуда переменного сигнала	-	5 мВ – 50 мВ	5 мВ – 50 мВ	-	5 мВ – 50 мВ
Максимальная скорость регистрации	-	До 18 точек импеданса в секунду	До 18 точек импеданса в секунду	-	До 18 точек импеданса в секунду
<b>Общие характеристики</b>					
Интерфейс ПК	USB с гальванической развязкой, возможна дополнительная комплектация Ethernet				
Требования к ПК	P1000, Win 7, 8, 9, 10, 11. Минимальное разрешение по вертикали 900, по горизонтали 1200. Рекомендуемое разрешение от 1920x1080 или выше.				
Язык программного обеспечения	Русский и английский, выбирается в ПО				
Габаритные размеры ГхШхВ	349x439x89 мм (без стоечных крепежей)				
Масса без упаковки	10 кг	10.2 кг	10.2 кг	10 кг	10.2 кг
Датчики температуры прибора	-	2 штуки	2 штуки	-	2 штуки
Максимальная потребляемая мощность от сети переменного тока	600 Вт				

- (1) Максимальное поляризующее напряжение развивается между токовыми электродами и требуется также и для компенсации сопротивления проводов, а не только исследуемого источника тока. Фактически **задаваемое** напряжение заряда и разряда источника тока ограничено именно им. Диапазон же потенциала является биполярным  $\pm 5$  В независимо от модели прибора и позволяет **измерять** как положительные, так и отрицательные напряжения, то есть можно детектировать наличие неправильной полярности подключенного источника тока. При токах, меньших максимального, интервал рабочих напряжений незначительно расширяется (соответствующие зависимости приведены далее). Типовое значение разрешения для диапазона 5 В составляет 10.2 мкВ, однако для конкретного экземпляра прибора может быть иное индивидуальное значение, не превышающее максимальное.
- (2) Минимальное измеряемое значение импеданса соответствует работе одного канала в потенциостатическом режиме при амплитуде возбуждающего сигнала 5 мВ, вызывающей отклик по току величиной 8 А.
- (3) Минимальное измеряемое значение импеданса соответствует работе одного канала в потенциостатическом режиме при амплитуде возбуждающего сигнала 5 мВ, вызывающей отклик по току величиной 5 А.
- (4) Программное округление до стандартного количества знаков после запятой, приемлемого при выводе на экран в программном обеспечении SmartSoft.

Индустриальная серия SmartStat имеет увеличенный объем памяти данных по сравнению с профессиональной и лабораторной сериями, что связано с приоритетом ее применения в качестве циклеров аккумуляторов, где требуются большие объемы данных. Благодаря этому количество

доступных к сохранению циклов у них увеличено с 100 до 2000 (как для программатора, так и для ЦВА).

Индустриальная серия SmartStat не имеет аналоговых Aux входов на цифровом интерфейсе, то есть он является чисто цифровым. Поэтому для нее нельзя получить более 4 электродов в ячейке. Если вам необходима работа с 5-ю и более электродами, или требуется одновременные измерения импедансных (или поляризационных) характеристик для катода и анода, или оцифровка внешних сигналов, то пожалуйста обратитесь к профессиональной серии SmartStat.

В цифровой интерфейс каждого канала, если к нему не подключен никакой внешний модуль, в начале каждого нового программного шага или цикла программатора выводится информация о номере начинающегося шага и цикла, а также его типе. Шаг или цикл начинаются сразу после этого. Эта информация может быть считана внешним устройством. Подробное описание приведено в примере использования «ANS15-SmartStat Components Interface».

При необходимости в IR-компенсации, повышении точности и **общей прецизионности, расширении частотного диапазона и точности измерения импеданса (профессиональная серия обеспечивает существенно более качественное измерение импеданса и при меньших амплитудах)**, увеличении количества диапазонов тока, увеличении поляризующего напряжения, также необходимо рассмотреть **профессиональную серию SmartStat**.

При необходимости работы с меньшими токами стоит рассмотреть потенциостаты индустриальной серии SmartStat (или профессиональной).

Ниже показаны зависимости выходного тока от напряжения для прибора CS-40-8 с несимметричным рабочим напряжением. Необходимо выбирать рабочие режимы в соответствии с этими зависимостями. В том числе и при измерении электрохимического импеданса, чтобы отрицательная полуволна синусоиды тока укладывалась в разрядную зависимость. На этих приборах невозможно измерить импеданс при постоянном потенциале, близком к 0 мВ, необходимо отступить от него в сторону более положительных значений на несколько сотен мВ. Например, для измерения импеданса пассивной тестовой RC-цепи стоит задать постоянный потенциал +800 мВ. Отследить подобную ситуацию можно следующими способами (схожие проблемы могут возникнуть при работе и на верхнем пределе по напряжению):

- С помощью анализа гармоник, они будут иметь неадекватно большие значения, так как отрицательная полуволна синусоид тока и возможно потенциала будут срезаны.
- Помимо этого стоит заметить, что при ограничении сигналов тока или напряжения, спектры импеданса обычно имеют неадекватно зашумленный вид.
- При помощи зависимостей постоянного потенциала и тока от времени. На частотах ниже 10 Гц синусоидальные сигналы отображаются на них в явном виде и наблюдать за их линейностью оказывается возможным визуально.

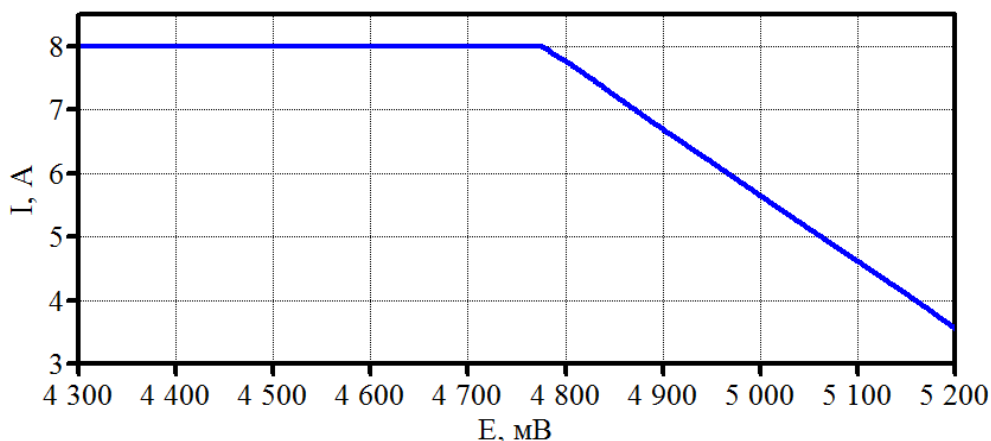


Рис. 1. Зависимость выходного тока от напряжения для одного канала CS-40-8 в режиме **заряда** (напряжения на терминалах прибора. При напряжении выше 5.2 В срабатывает защита прибора).

Область низких напряжений не показана.

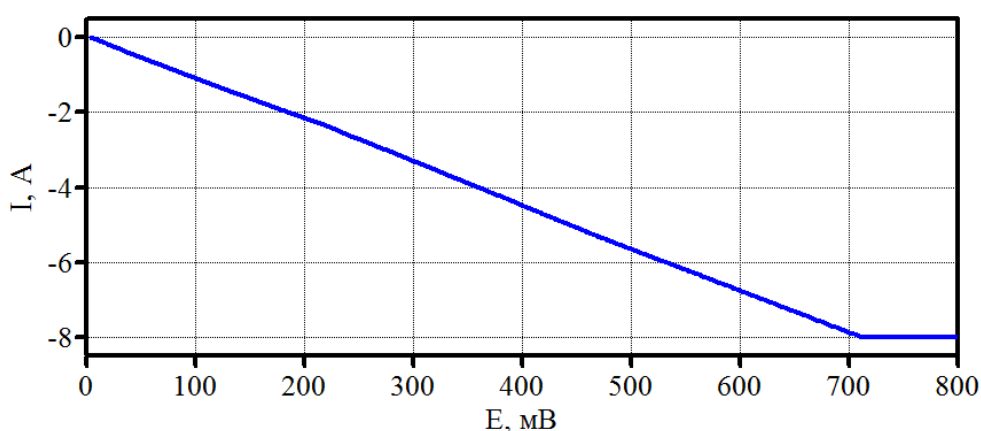


Рис. 2. Зависимость выходного тока от напряжения для одного канала CS-40-8 в режиме **разряда** (напряжения на терминалах прибора). Область высоких напряжений не показана.

При добавлении проводов или их удлинении характеристики будут снижены. На этих рисунках показаны наилучшие потенциально-достижимые.

При параллельной работе всех каналов, токи на этих диаграммах умножаются на 8.

Потенциостаты CS-40-8 и CS-15-8 оснащены интеллектуальной системой контроля температуры усилителя прибора. Она управляет работой вентиляторов охлаждения, увеличивая их обороты при достижении определенной температуры (штатно, при малых нагрузках они работают на малых оборотах). В случае превышения защитного порога по предельной температуре, она аварийно останавливает работу прибора отключая вспомогательные электроды всем каналам. Запустить работу заново после этого можно по достижению безопасной температуры. На первой вкладке управляющего ПО SmartSoft выводится информация о текущей температуре внутри прибора с двух датчиков. В исполнении «А» датчики температуры отсутствуют и вентиляторы все время работают на максимальных оборотах.

#### 4. Комплектность поставки

Ниже приведена комплектность базовой поставки потенциостатов (циклеров) SmartStat. Внешние модули SmartStat (например, датчик температуры промышленной серии со специальным разъемом ее цифрового интерфейса) приобретаются отдельно.

Наименование	CS-40-8 «А»	CS-40-8 «В»	CS-40-8 «L»	CS-15-8 «А»	CS-15-8 «В»
Потенциостат, основной блок	1				
Сетевой шнур питания	1				
Комплект из 4-х измерительных неэкранированных кабелей для подключения одного канала (клемма-крокодил, длиной 20 см, сечением 1-2 мм <sup>2</sup> и 2-3 мм <sup>2</sup> )	8				
Силовой сдвоенный провод для подключения силовых клемм в режиме параллельных каналов (клемма-клемма, длиной 40 см, сечение больше 8 мм <sup>2</sup> )	-	1	1	-	1
Измерительный неэкранированный сдвоенный провод потенциальных входов для параллельного режима (клемма - крокодил длиной 40 см, сечением 1-2 мм <sup>2</sup> )	-	1	1	-	1
Кабель USB	1				
Флеш или компакт диск с программой управления, драйверами и документацией	1				
Руководство по эксплуатации	1				
Коробка упаковочная	1				

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

Длина измерительных кабелей в базовой поставке составляет 20 см. При необходимости в более длинных кабелях, пожалуйста обращайтесь в отдел продаж производителя.

Для удобства подключения кабели имеют цветовую маркировку, а также различаются по толщине токовых и потенциальных проводов.

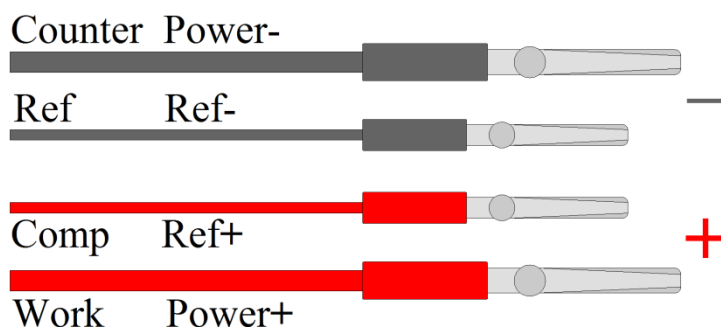


Рис. 3. Назначение проводов неэкранированного измерительного кабеля электрохимической ячейки, входящего в базовую поставку (длина 20 см).

Потенциостаты промышленной серии (циклеры) SmartStat, в отличие от лабораторной и профессиональной серий, инвариантны относительно замены кабеля в плане его типа или длины (так как максимальная частота составляет 10 кГц, и в отличие от более точных, быстродействующих и дорогих серий SmartStat, промышленная серия не требует калибровки кабеля). Поэтому неэкранированный измерительный кабель на циклере промышленной серии может быть заменен на более длинный в любой момент без перекалибровки прибора.

## 5. Рекомендуемые условия работы

Приборы предназначены для работы от сети переменного тока с напряжением ( $220\pm 10$ ) В и частотой 50-60 Гц при нормальных климатических условиях эксплуатации:

Температура окружающего воздуха	$20 \pm 5$ °С
Относительная влажность окружающего воздуха	45-80 %
Атмосферное давление	86-106 кПа (645 – 795 мм рт. ст.)

Не рекомендуется постоянно эксплуатировать потенциостат на пределе его возможностей. Рекомендуется ограничиваться токовыми и мощностными параметрами на уровне 80% от максимально допустимых для Вашего прибора. Такой подход не сильно снизит эксплуатационные возможности прибора, однако значительно продлит срок его службы. Максимальные характеристики в общем случае рассчитаны прежде всего на недолговременные режимы работы.

Также необходимо внимательное обращение с низкоомными образцами при работе с ними в каком-либо потенциостатическом режиме. В таких случаях настоятельно рекомендуется использовать гальваностатические режимы. Если в Вашем эксперименте требуется работа в потенциостатическом режиме на низкоомном образце – оставляйте запас по току. В противном случае велика вероятность срабатывания защиты прибора по максимальному току с принудительной остановкой эксперимента. Также это правило справедливо и для гальваностатических режимов, если они выполняются чередованием с потенциостатическими и в работе планируются переключения из гальваностатических режимов в потенциостатические.

Корпус и шасси прибора электрически соединены с его измерительной землей и соединены с силовым заземлением розетки 220В. Земля и экран USB интерфейса гальванически НЕ соединена ни с одной из этих земель.

Используйте разделение (разнесение) в пространстве измерительных кабелей прибора, силовых проводов питания, а также кабелей USB интерфейса для минимизации аналоговых помех в ЭХ ячейке, а также сбоев в работе USB-интерфейса прибора.

Необходимо, чтобы потенциостат и управляющий компьютер были подключены в один и тот же набор розеток (в один удлинитель, сетевой фильтр, источник бесперебойного питания). Это снизит вероятность возникновения помех в USB интерфейсе потенциостата и обеспечит наиболее стабильную работу. Настоятельно не рекомендуется подключать потенциостат и компьютер в разные розетки, в разные питающие системы (например, один в ИБП, а другой нет; один в фильтр, а другой нет - в любом варианте). В эту же розетку (удлинитель, фильтр, ИБП) не рекомендуется подключать нагревательное или иное диммированное оборудование (печки, мешалки, осветители с плавной регулировкой яркости и другое).

## 6. Запрещенные условия работы

Нарушение любого из перечисленных далее запрещающих требований приводит к снятию прибора (потенциостата, оборудования) с бесплатного гарантийного обслуживания. Прочтение этого раздела пользователем, является обязательным условием для выполнения предприятием изготовителем гарантийного ремонта и обслуживания.

Запрещается:

1. Эксплуатировать прибор вблизи объектов и установок, являющимися источниками сильного теплового, светового, электрического или электромагнитного излучений, влиянию которых может быть подвержен прибор.
2. Попадание жидкости любого типа или механических предметов (через вентиляционные решетки или иначе) внутрь прибора.
3. Эксплуатация прибора в условиях повышенной запыленности или коррозионной или химической активности окружающей среды.
4. Эксплуатировать прибор в условиях даже кратковременного или импульсного воздействия электрических, электромагнитных, магнитных или иных помех.
5. Допускать неадекватные механические воздействия на прибор, вскрывать его, использовать не по назначению, царапать, ударять, ронять, устанавливать на неустойчивые или сыпучие или неровные или иные не предназначенные для подобного оборудования поверхности, принудительно останавливать вентиляторы охлаждения прибора.
6. Эксплуатировать прибор в условиях, затрудняющих доступ воздуха из окружающей среды к вентилятору задней панели и корпусу прибора и отвод тепла через вентиляционные отверстия передней панели и от корпуса прибора в окружающую среду.
7. Производить какие-либо действия с исследуемым образцом и кабелями подключения к нему прибора при включенном электроде Counter, в том числе после завершения эксперимента с не выключенным Counter электродом.
8. Запрещается подключать к прибору исследуемые объекты активного типа, которые могут являться источниками тока напряжения или мощности превышающими максимально допустимые для данного прибора.
9. Запрещается попадание на разъемы подключения электродов (измерительные выводы) прибора напряжения, превышающего максимальное поляризующее напряжение более чем на 20 В.
10. Запрещается так или иначе подключать или допускать контакт измерительных выводов прибора с другими электрическими приборами (вольтметры, осциллографы, электронные нагрузки и источники питания, электрический контакт с металлической мебелью, станки, электроинструмент, электрооборудование или электроприборы, подключаемые к сети 220 В и т.п.).
11. Запрещается включать прибор, находившийся при пониженной температуре прежде, чем он будет отогрет в рабочем помещении для предотвращения выпадения конденсата.
12. Работа без заземления прибора (должна быть силовая земля от сети 220В, либо специализированная сигнальная земля выводе GND прибора).
13. Попадание электростатических разрядов на любой сигнальный вывод прибора от другого оборудования, синтетической одежды, другого оборудования и приборов.
14. Запрещается горячее подключение любых внешних приборов и устройств к прямоугольному интерфейсному разъему потенциостата, когда он или это оборудование включены.

15. Запрещается эксплуатация потенциостата без сетевого стабилизатора напряжения, если этот стабилизатор является обязательным компонентом поставки прибора.
16. Запрещено подключение любых внешних устройств к универсальному интерфейсному прямоугольному разъему с использованием любых кабелей кроме специализированных SmartStat-кабелей.
17. Запрещается нарушать процедуру приемки, установки и подключения прибора, описанную далее в настоящем руководстве.
18. Запрещается установка и эксплуатация оборудования SmartStat неквалифицированным персоналом, не ознакомившимся с настоящим руководством по эксплуатации, а также с руководством по эксплуатации программного обеспечения SmartSoft.
19. Запрещается эксплуатация оборудования неквалифицированным персоналом как таковым, например, явно не знакомым с принципами проведения электрохимических экспериментов или измерений (или иных физических, электротехнических или химических экспериментов и измерений, для которых предполагается использовать потенциостат); не понимающим или путающим назначение входов и выходов прибора; не понимающим назначение и принципы работы компонентов исследуемого объекта.
20. Запрещается работа с источниками бесперебойного питания или стабилизаторами сетевого напряжения, работающими не по принципу двойного преобразования. Разрешается подключение к источникам бесперебойного питания или активным фильтрам, выполненным только по топологии двойного преобразования.

Дополнительные аспекты гарантийного обслуживания:

- а. Производитель не несет ответственности за неправильное подключение оборудования к исследуемым, тестируемым или измеряемым объектам пользователя, за неисправности этих объектов или их отдельных узлов, за неработоспособность потенциостата с неправильно подключенными объектами измерений или имеющими неисправности.
- б. Производитель в праве считать прибор исправным при успешном выполнении автоматической проверки в программном обеспечении SmartSoft и в праве ограничить (исключить) необходимость в дальнейшей диагностике проблем с эксплуатацией прибора у потребителя (пользователя).
- в. Пользователю следует провести автоматическую проверку потенциостата в программном обеспечении SmartSoft перед обращением в службу поддержки производителя.
- г. Производитель в праве снять прибор с гарантийного обслуживания, если в процессе диагностики или выполнения технической поддержки выявляется очевидное несоответствие квалификации пользователя.
- д. В целях диагностики, каждый канал потенциостата SmartStat сохраняет в своей памяти суммарное количество запусков работы на нем. Также он хранит дату первого запуска. Перед отгрузкой с предприятия изготовителя, оба эти параметра обнуляются в инженерной версии программного обеспечения при выполнении финальной предпродажной диагностики. При выполнении обслуживания или ремонта прибора на предприятии изготовителе, они могут быть считаны обслуживающим персоналом, для уточнения фактической длительности и интенсивности эксплуатации прибора.
- е. Приобретение оборудования, описываемого в настоящем руководстве, подтверждает согласие пользователя (приобретателя) с положениями этого раздела.

## 7. Защитные функции прибора

Потенциостаты SmartStat индустриальной серии имеют следующие аппаратные типы защит:

- Защита от превышения абсолютного выходного тока на уровне 110% от максимального рабочего тока.
- Двухступенчатая защита входов электрометров при превышении напряжения не более чем на 20 В от максимального выходного напряжения прибора (защита от электростатики\*).
- Защита от перегрева (только исполнения «В» и «L»), останавливает измерение при превышении безопасной температуры силовых элементов прибора.

Кроме того, предусмотрены следующие типы защит на уровне микроконтроллера потенциостата:

- В потенциостатическом режиме перегрузка по току на младших диапазонах тока приводит к переключению на более грубый диапазон. Перегрузка на самом грубом диапазоне тока приводит к остановке работы. Время срабатывания – 5 мс.
- В гальваностатическом режиме перегрузка по потенциалу приводит к остановке работы. Время срабатывания – 5 мс.
- Защита от превышения напряжения (потенциала) для каждого диапазона потенциала как по измеряемому, так и по задаваемому напряжению (потенциалу, задаваемому относительно потенциала разомкнутой цепи), приводит к остановке или предотвращению запуска работы.
- Пользовательская защита по току и потенциалу (задается безопасное окно, при выходе из которого происходит завершение на выбор - шага или всей работы). Время срабатывания – 5 мс. Настраивается пользователем в управляющем ПО.
- Функция отслеживания целостности цепи электрода сравнения по заданному пользователем перепаду потенциала в течение интервала времени (от 10 до 100 мс) для потоковых режимов работы (стационарные, линейная и циклическая развертки, универсальный хроно-режим).
- Защита по превышению максимальной нагрузочной мощности. Время срабатывания - 5 мс.

\*несмотря на то, что во всех приборах SmartStat имеется защита потенциальных и токовых входов от электростатики, ее возможности ограничены, и она не может противодействовать мощным и частым разрядам.

## 8. Устройство и принцип работы

В каждом канале любого потенциостата или циклера индустриальной серии SmartStat установлена современная высокоточная система сбора данных на основе АЦП разрядностью 16 бит и современного мощного быстродействующего микроконтроллера. Благодаря программному усреднению, обработка данных тока и потенциала, а также предоставление их пользователю ведется с разрешением 20 бит. Задатчик потенциала и тока выполнен на высококачественном ЦАП разрядностью 16 бит.

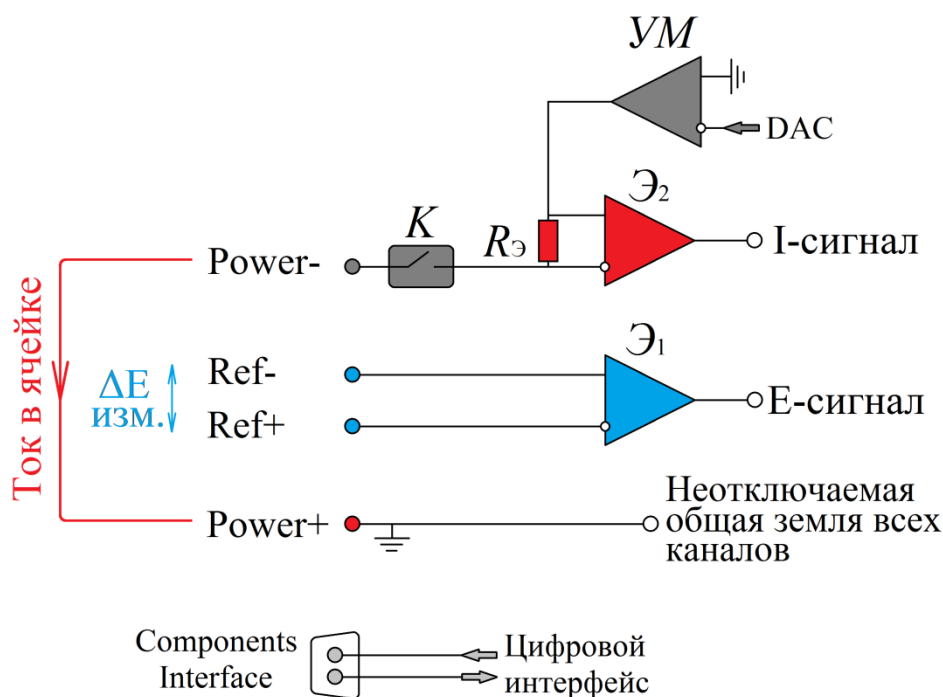


Рис. 4. Упрощенная блок-схема одного канала потенциостата (циклера) SmartStat индустриальной серии (цифровой интерфейс присутствует только в исполнении «В»). Подписи электродов (Power+, Ref+, Ref-, Power-) на приборе отсутствуют и обозначены знаками «+» и «-» возле разъема, где жирные шрифты соответствуют токовым выходам, тонкие – потенциальным входам.

Базовым, для всех циклеров SmartStat индустриальной серии является четырехпроводное подключение к электрохимической ячейке (рис. 4). Есть два токовых выхода Power+ и Power-, а также два потенциальных входа Ref+ и Ref-. Цепь измерения тока  $R_{\text{э}}$ , состоящая из эталонного резистора, находится в верхней цепи токового выхода Counter и соединяет его с выходом усилителя мощности УМ. Падение потенциала на этом эталонном резисторе пропорционально току, текущему через ячейку. Оно измеряется с помощью дифференциального усилителя  $\text{Э}_2$  и подается на первый вход двухканального АЦП системы сбора данных SmartStat. Схожий дифференциальный усилитель  $\text{Э}_1$  используется для измерения разности потенциалов между потенциальными входами Ref+ – Ref-, но без эталонного магазина. Его сигнал подается на второй вход АЦП. Входы дифференциальных усилителей в обеих цепях являются электрометрическими с малым током. Задатчиком потенциостата

является цифро-аналоговый преобразователь DAC. Его сигнал обрабатывается потенциостатирующим ядром прибора, который управляет усилителем мощности УМ. В его цепи установлен коммутатор ячейки  $K$  на основе электромагнитного реле. Для электрохимического интерфейса используется прямоугольная силовая колодка-клеммник, позволяющая подключать неэкранированные токовые и потенциальные провода. Также имеется релейный узел переключения электрохимического интерфейса на внешнюю ячейку или внутренний эталон, используемый для проведения автоматической проверки потенциостата в управляющем программном обеспечении SmartSoft. (не показан на рис. 4 для упрощения). Он коммутирует потенциальные входы Ref+ и Ref-, а также токовый выход Power-. Токвый выход Power+ остается подключенным всегда. Он всегда соединен с силовой и сигнальной землей всех каналов.

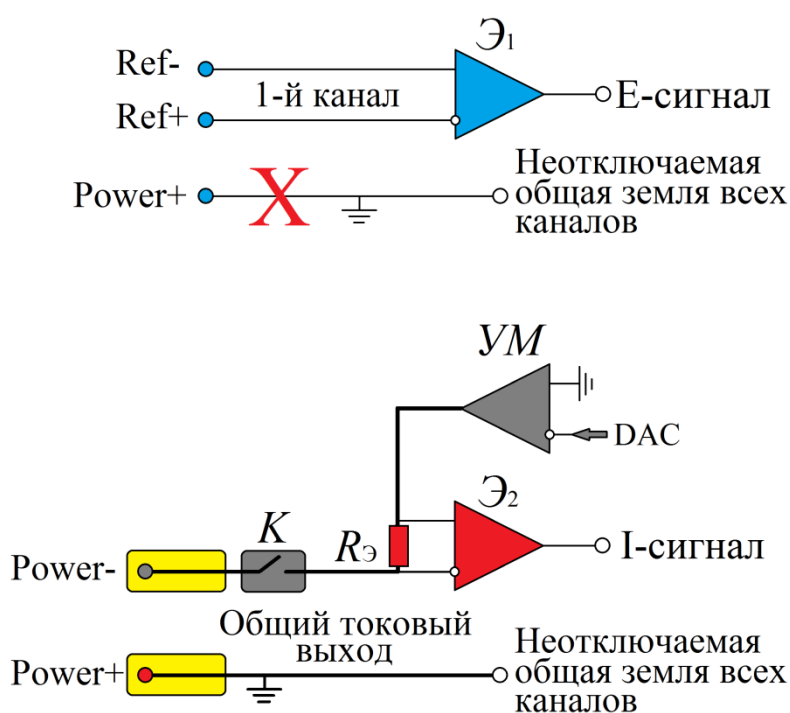


Рис. 5. Упрощенная блок схема потенциостата (циклера) промышленной серии SmartStat в параллельном режиме всех каналов (цифровой интерфейс используется с первого канала и не показан для упрощения). Актуально только для исполнения «В».

**Исполнение «А»** является наиболее простым и ориентировано на самый бюджетный вариант решения задачи по циклированию аккумуляторов (циклический заряд-разряд) при токах от 100 мА до 8 или 5 ампер (CS-40-8 и CS-15-8 соответственно). Программатор, планировщик, функция множителей полностью функциональны во всех исполнениях.

**Исполнение «В»** имеет существенно расширенный функционал и позволяет использовать дополнительно к базовым режимам (стационарные, развертки, хроно) более тонкие электрохимические методы, такие, как электрохимический импеданс (развертка как по частоте, так и по потенциалу, времени или току), импульсные, PITT и GITT.

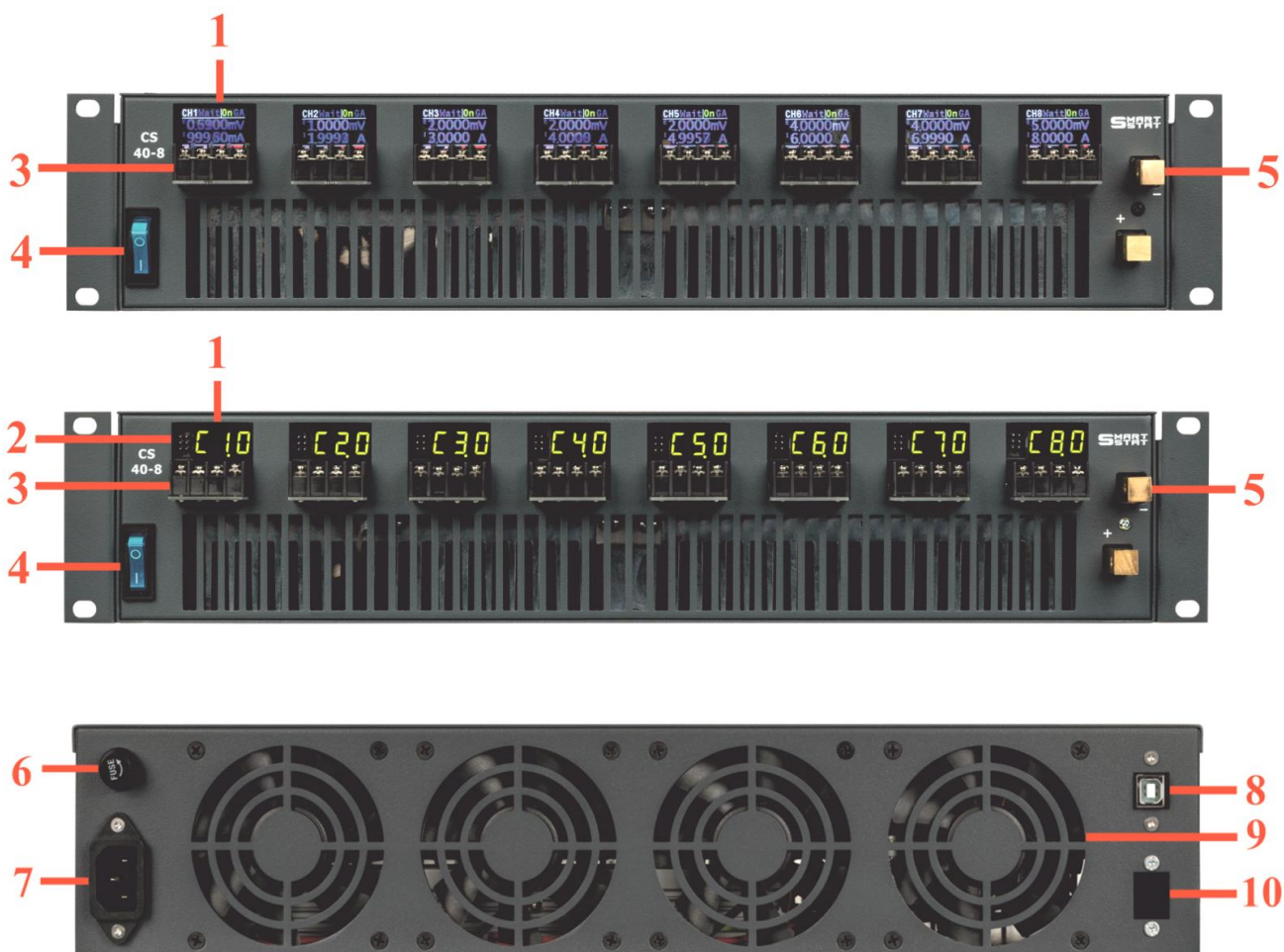


Рис. 6. Внешний вид потенциостатов (циклеров) промышленной серии SmartStat: 1 – индикатор состояния канала, 2 – прямоугольный интерфейсный (цифровой) разъем внешних модулей, 3 – четырехвыводной разъем для подключения кабелей тестируемого объекта, 4 – тумблер включения с индикацией питания, 5 – терминалы токовых выходов параллельного режима работы всех каналов, 6 – гнездо предохранителя, 7 – разъем подключения кабеля питания 220 В, 8 – разъем подключения кабеля USB, 9 – вентиляторы охлаждения, 10 – окно для установки опций .

Помимо описанных выше входов электрохимического интерфейса, на передней панели каждого канала в исполнении «В», (рядом с индикатором) имеется прямоугольный IDC разъем черного цвета, предназначенный для подключения внешних устройств (Components Interface, он же инструментальный интерфейс, имеющийся у промышленных моделей потенциостатов и циклеров SmartStat). На него выведен цифровой последовательный интерфейс для подключения внешних модулей SmartStat и цепь питания для них.

В исполнении «В» также имеется возможность переключения прибора в **режим параллельных каналов**. В нем все 8 каналов работают параллельно и фактически прибор превращается в одноканальный с большим током. При этом в качестве потенциальных используются входы первого канала, а в качестве токовых выходов – два специальных силовых разъема, выведенных на передней панели справа. Пользователь выбирает в программном обеспечении

SmartSoft – как сконфигурировать прибор: все каналы независимо или параллельно (при этом не должна идти работа ни в одном канале). Прибор сразу же переключается в соответствующий режим. Пользователю не нужно отключать измерительные провода с каналов или соединять их самому параллельно, прибор это делает сам, своими внутренними коммутаторами. Пользователю лишь нужно подключить к исследуемому объекту токовые провода с силовых терминалов, как будто используется мощный одноканальный прибор. Для параллельного режима в комплект поставки исполнения «В» входят специальные силовые провода большего сечения и большей длины с клеммами под силовые терминалы.

Индивидуальные отрицательные токовые выходы (Power- или Counter) всех каналов при параллельном режиме оказываются полностью отключены (обесточены) и их провода можно отсоединить или отогнуть в сторону, чтобы они не мешали. Аналогично, общий отрицательный токовый выход параллельного режима полностью отключен в режиме индивидуальных каналов. Все положительные токовые выходы (и от всех каналов, и от общего параллельного выхода) всегда подключены к общему проводу потенциостата. В параллельном режиме нельзя пользоваться индивидуальными положительными токовыми выводами с каналов, это может повредить прибор, пользуйтесь общим выходом. Также общим выходом, при необходимости, можно пользоваться в качестве положительного токового выхода и в индивидуальном режиме всех каналов, так как он рассчитан на большой ток.

При работе в параллельном режиме, для обеспечения высокой паспортной точности измерения, используются специальные заводские калибровки, созданные производителем индивидуально для этого режима. Пользователю не нужно проводить перекалибровку самостоятельно ни для какого-либо канала, не для параллельного режима.

Также в исполнении «В» в каждом канале имеется встроенный **индикатор состояния канала**, состоящий из трех знаков. Он отображает конфигурацию канала – является ли он самостоятельным или в параллельном режиме. Смена отображения индикаторов происходит сразу, как пользователь переключит параллельный режим в программном обеспечении SmartSoft. Аналогично, полностью перестраивается под соответствующий режим и весь функционал программного управления SmartSoft (из многоканального, в фактически более мощный одноканальный и обратно). Во время работы индикатор отображает статус канала (в виде условного номера от 0 до 4):

- 0 – Ожидание работы (закончил работу);
- 1 – Измерение потенциала РЦ;
- 2 – Установление;
- 3 – Основная работа;

В режиме индивидуальных каналов в первом знаке индикатора отображается буква «С» (сокращенно от Channel), а во втором номер канала от 1 до 8 с точкой; в третьем знаке выводится статус канала (его цифровой код от 0 до 4). Например: «С2.0» – ожидание работы вторым каналом.

В режиме параллельных каналов, индикаторы параллельных каналов с 2 по 8 выключены, а на первом канале вместо номера канала во втором знаке, выводится буква «P» (сокращенно от Parallel). Например: «CP.3» означает – режим параллельных каналов в процессе работы.

В момент включения прибора, индикатор третьим знаком отображает наличие в канале подключенного внешнего модуля в течение нескольких секунд:

0 – нет модуля;

X – значение от 1 и более – тип модуля (например, 2 – термодатчик).

При отображении наличия и типа внешнего модуля в первом знаке выводится буква «E» (сокращенно от External), далее знак «=» и цифровой код модуля, например: «E=2» – обнаружен датчик температуры (в программном обеспечении будет предложено включить его при необходимости), или «E=0» – нет ни одного модуля. Эта информация выводится несколько секунд сразу после включения прибора и затем автоматически заменяется на статус канала, как было описано выше. После этого можно подключать прибор в программном обеспечении SmartSoft.

При отсутствии подключенного внешнего модуля на цифровой интерфейс перед выполнением каждого нового шага и цикла программатора выдается информация (в виде последовательности нескольких байт), в которой закодирован номер шага и цикла программатора, а также код выполняемой в этом шаге работы (стационарно, линейная развертка, хроно и т.д.), подробности описаны в примере использования ANS15-SmartStat Components Interface.

Потенциостат CS-40-8 выпускается также в уникальном в своем роде исполнении «L». Оно очень похоже на исполнение «B», но в нем семисегментные светодиодные индикаторы заменены на **цветные жидкокристаллические графические дисплеи** разрешением 128x70 пикселей индивидуально в каждом канале. На эти индикаторы выводится цифровая информация о текущем токе и напряжении, о номере шага и цикла, статус канала, подключение внешней ячейки и рабочий режим. В режиме ожидания информация выводится серым цветом, в режиме работы - синим. В режиме измерения потенциала разомкнутой цепи - зеленым. Цифровой интерфейс для подключения внешних модулей в исполнении «L» отсутствует из-за геометрической невозможности его размещения на передней панели в каждом канале. Режим параллельных каналов и полный набор рабочих методик сохранены такими же, как в исполнении «B». Установка дополнительных опций цифрового интерфейса возможна на задней панели прибора для первого канала по согласованию.

## 9. Приемка, установка и подключение прибора

Потенциостаты SmartStat не требуют проведения пусконаладочных работ или иных специализированных мероприятий для запуска в работу.

При приемке прибора сначала нужно обязательно дать ему разморозиться в случае, если он находился или транспортировался при пониженной температуре. Это требуется для предотвращения выпадения конденсата. Для этого потенциостат должен быть выдержан в рабочем помещении не менее шести часов.

Далее целесообразно произвести внешний осмотр прибора – сверить серийный номер в паспорте и на корпусе прибора, убедиться в отсутствии внешних повреждений из-за транспортировки.

Затем необходимо сверить комплектность поставки.

После этого можно установить прибор на твердую поверхность рабочего места с соблюдением рекомендуемых условий работы без нарушения запрещенных условий.

Далее нужно подключить прибор к персональному компьютеру и сети питания 220 В. При этом необходимо следовать следующим рекомендациям (в противном случае надежность работы не гарантируется):

- USB кабель подключения прибора к компьютеру необходимо расположить максимально удаленно от кабелей питания сети 220В. Ни в коем случае не переплетайте эти кабели.
- Использование хорошего USB кабеля и хорошее состояние USB разъемов прибора и компьютера обеспечивают максимальную защиту USB интерфейса от помех. Постарайтесь следить за тем, чтобы USB разъем прибора не расшатывался. Обычно это происходит от частых переключений кабеля и ведет к потере надежности контакта экрана кабеля.
- При необходимости использования USB хабов, разветвителей и других подобных устройств, а также замены USB кабеля, пожалуйста, используйте качественное оборудование, постарайтесь избегать дешевых изделий и сомнительных производителей. Рекомендуется использовать профессиональное USB оборудование.
- Постарайтесь не работать на компьютере с другими программами во время работы прибора. Крайне желательно, чтобы компьютер и его операционная система были в хорошем состоянии.

Далее необходимо установить программное обеспечение и драйвера. Для этого нужно выполнить следующие действия:

- Подключите флэш-диск (загрузите компакт диск) из комплектации прибора к рабочему компьютеру.
- Скопируйте содержимое диска (папка SmartSoft) в желаемое место на жестком диске Вашего ПК, желательно, чтобы путь к этой папке не содержал русских букв и был как можно короче, лучше

всего в корень жесткого диска. Не используйте папки Program Files и иные, созданные системой для ее нужд.

- Подключите Ваш прибор к компьютеру и включите его.
- При правильно установленных драйверах прибор должен определяться в списке USB устройств рабочего ПК как FTD2xxDevice или как USB Serial Converter или иным схожим образом.

При первом подключении прибора, скорее всего, потребуется установить драйвера к прибору. Они находятся в папке Drivers.

Если при включении прибора операционная система сама не откроет мастер установки драйвера, то его необходимо запустить в диспетчере устройств Вашего компьютера. Для этого, в списке USB устройств (или в контроллерах универсальной последовательной шины) нужно выбрать устройство, которое появляется в момент включения прибора. Далее нужно зайти в его свойства и установить (переустановить, обновить) драйвер.

В появившемся мастере установки драйвера, необходимо выбрать установку из указанного места (НЕ из интернета). Следуя указаниям мастера, установите драйвер из папки Drivers\CDM 2.08.24 WHQL Certified (для этого необходимо будет на одном из этапов установки выбрать эту папку используя кнопку Обзор или подобную, в зависимости от типа операционной системы). Работа другого драйвера (даже более поздней даты) не гарантируется.

После успешной установки драйверов, можно запустить управляющую программу SmartSoft. В ней необходимо будет подключиться к прибору. На этом этапе целесообразно сверить серийный номер подключенного потенциостата с номером на его корпусе.

Далее можно выполнить автоматическую проверку. Она занимает менее 30 секунд и выведет результат автоматической диагностики. Ее целесообразно запускать каждый раз, когда возникают подозрения на неисправность прибора. В гарантийный отдел производителя прибора имеет смысл обращаться с результатом этой проверки.

После успешного выполнения автоматической проверки, программное обеспечение можно закрыть, прибор выключить, а приемку считать завершенной.

Далее необходимо приступить к освоению прибора, для чего сначала нужно прочитать настоящее руководство по эксплуатации, затем руководство к программному обеспечению, и после этого опробовать интересующие пользователя процедуры на эквивалентах или электрохимической ячейке.

## 10. Подключение электрохимической ячейки

В наиболее простом случае любой из потенциостатов SmartStat использует традиционную четырехпроводную схему подключения электрохимической ячейки, которая может иметь от двух до четырех электродов. Пятым проводом является сигнал заземления, который используется для экранирования ячейки. Токковые провода Power+ и Power- всегда подключаются к двум токовым выводам ячейки (исследуемого объекта, образца). В зависимости от того, как будут подключены потенциальные входы Ref+ и Ref- к токовым выводам или к электродам сравнения, получится та или иная схема ячейки – 2, 3 или четырехэлектродная. В потенциостатическом режиме во всех случаях прибор стабилизирует потенциал электрода Ref+ относительно электрода Ref- (касательно системы знаков напряжений, положительному напряжению-потенциалу при этом соответствует положительный ток).

В двух и трехэлектродных схемах, потенциальные провода, не имеющие своих электродов сравнения, служат для компенсации паразитного падения потенциала на измерительных проводах токовых электродов, к которым они подключены. Поэтому, при работе с большими токами (более 1 ампера) важно подключать соответствующий потенциальный провод не на крокодильчик токового электрода, а на сам токовый электрод.

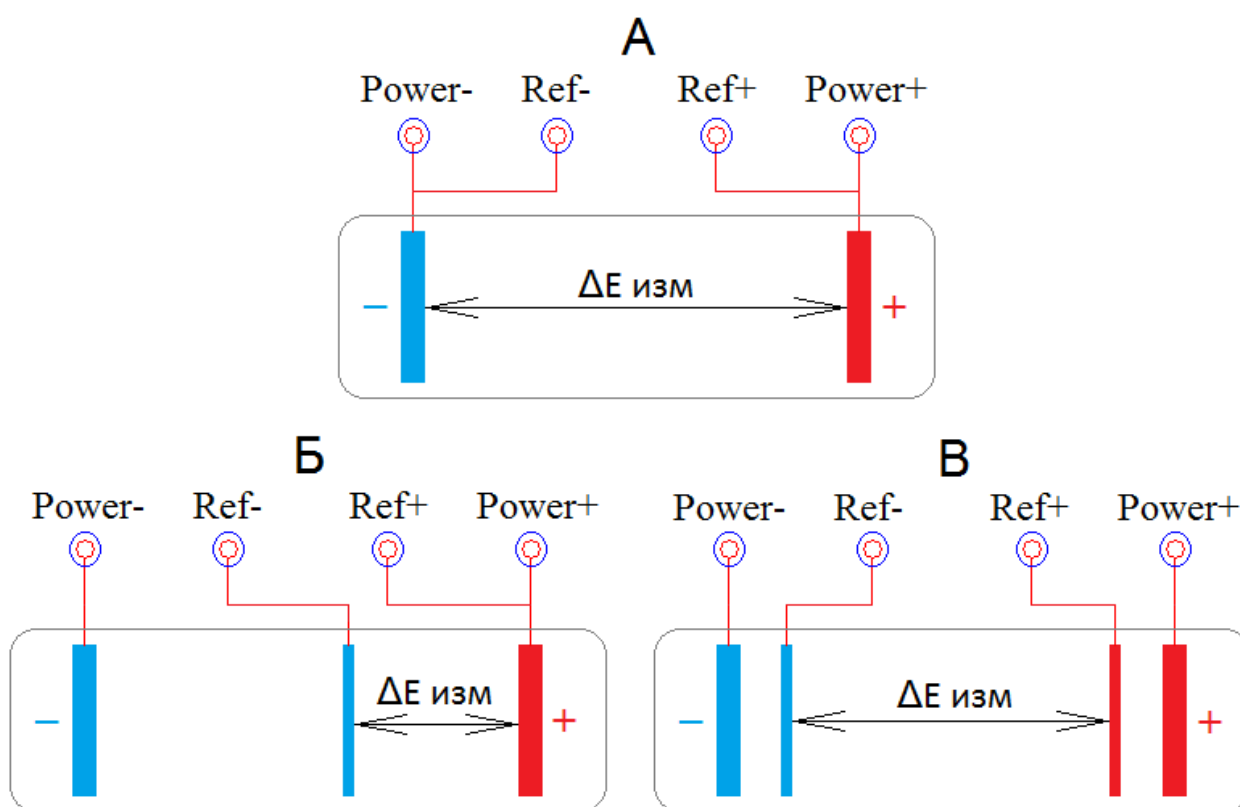


Рис. 7. Традиционные схемы подключения электрохимических ячеек, с четырехпроводным подключением: А – двухэлектродная (применяется для промышленных аккумуляторов), Б – трехэлектродная, В – четырехэлектродная (толстые электроды - токовые, тонкие - электроды сравнения макетов ХИТ).

## 11. Работа с программным обеспечением SmartSoft

Потенциостаты SmartStat работают под управлением специализированного программного обеспечения SmartSoft. Это программное обеспечение служит для создания и конфигурирования экспериментальной рабочей программы, запуска работы, отображения, просмотра и первичной автоматической обработки экспериментальных данных. При запуске пользователем работы, в прибор загружается созданная на этот момент рабочая программа, полностью стирается энергонезависимая память данных. Также в него загружаются настройки пользовательских защит, введенные пользователем свойства образца и название эксперимента. После этого управляющая программа дает прибору команду запустить работу.

Прибор сам следит за выполнением загруженной в него рабочей программы. Управляющая программа опрашивает прибор с необходимой периодичностью и отображает его текущее состояние. При этом она никак не влияет и не вмешивается в выполнение рабочей программы.

В управляющей программе в любой момент можно отключить прибор от компьютера. При этом прибор продолжит работу без него. Далее можно, например, подключить к программе другой имеющийся прибор и провести необходимые манипуляции с ним. При необходимости, в процессе работы прибора, можно неограниченное число раз подключаться к нему и отключаться от него в управляющей программе. Это никак не отразится на выполнении рабочей программы. На одном компьютере можно запускать несколько приборов, каждый из своего экземпляра программного обеспечения, установленного в отдельную папку (если запускать работу из одной копии программы, запущенной несколько раз, то будут происходить ошибки в файлах, например, будет не всегда ясно, какая работа на самом деле запускается).

Потенциостаты SmartStat имеют энергонезависимую память для хранения всех зарегистрированных данных. Каждая новая точка данных сразу же фиксируется в этой памяти. Удалена она оттуда, может быть, только при запуске новой работы, когда происходит стирание всей памяти данных. Эта память используется как буфер и позволяет сохранить все экспериментальные данные в случае отключения питания 220 В. В процессе работы, программное обеспечение SmartSoft загружает эти данные из энергонезависимой памяти в реальном времени (в некоторых случаях может немного отставать, например, в скоростных импульсных режимах). При завершении работы, все данные оказываются загруженными на рабочий компьютер в программу SmartSoft и автоматически сохранены на жесткий диск компьютера в заранее выбранную пользователем папку под заранее выбранным названием. При необходимости, пользователь может в любой момент включить прибор и загрузить из него в программу SmartSoft последние зарегистрированные данные.

**Подробное описание функций и возможностей программного обеспечения SmartSoft приведено в отдельном руководстве по эксплуатации SmartSoft Instruction.**

## 12. Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует соответствие прибора техническим характеристикам при соблюдении потребителем правил эксплуатации, транспортирования и хранения, установленным в настоящем руководстве по эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации – 12 месяцев от даты продажи прибора.

Срок гарантийного ремонта определяется степенью неисправности прибора и может достигать до 20 рабочих дней без учета времени доставки.

Гарантийные обязательства не включают в себя устранение проблем некорректной работы с прибором (несоответствующие требованиям настоящего руководства).

Потребитель лишается права на гарантийное обслуживание и ремонт в следующих случаях:

- при нарушении требований, которые приведены в разделе 6 запрещенных условий работы, в настоящем руководстве;
- при нарушении правил эксплуатации, транспортирования и хранения, мер безопасности работы с прибором;
- при несоблюдении обязательных мер предосторожностей и требований, касающихся работы с прибором, приведенных в настоящем руководстве;
- при работе с прибором в недокументированных режимах;
- при неправильной установке или подключении прибора;
- при превышении допустимой рабочей температуры, перегреве и т.п.;
- при наличии внешних и внутренних механических повреждений: царапин, вмятин, повреждений разъемов, следов ударов и других последствий некорректной эксплуатации прибора;
- при нарушении целостности пломб, признаков вскрытия и ремонта прибора неуполномоченными лицами;
- при наличии повреждений, полученных в результате аварий, воздействия огня, влаги, насекомых, пыли или попадания внутрь корпуса посторонних предметов.

Гарантийное и послегарантийное обслуживание прибора осуществляется предприятием изготовителем.

Бесплатное гарантийное обслуживание и ремонт прибора осуществляются только в том случае, если пользователь ознакомился с разделом 6 настоящего руководства о запрещенных условиях работы прибора.

Высокоточное оборудование для электрохимических исследований

SmartStat®

Изготовитель: SmartStat

Россия, Московская область, г. Черноголовка

Телефон: 8(495)720-31-57

Адрес тех. поддержки: [potentiostat@mail.ru](mailto:potentiostat@mail.ru)

[www.smartstat.ru](http://www.smartstat.ru)