

1 Соглашения

Условные обозначения, описанные в этой главе, используются во всем программном обеспечении, если не указано иное.

1.1 Научные соглашения

Используются следующие научные соглашения:

- Все единицы указаны в международной системе единиц (СИ), если не указано иное. Для получения дополнительной информации см. *B. N. Taylor, A. Thomson, The International System of Units (SI), NIST Special Publication 330, 2008 Edition.*
- Электрохимические значения, такие как напряжение и ток, указаны в соответствии с конвенцией международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC). Положительные токи и (пере)напряжения связаны с процессами окисления. Отрицательные токи и (пере)напряжения связаны с процессами восстановления. Для получения дополнительной информации см. *A. D. McNaught, A. Wilkinson, IUPAC, Compendium of Chemical Terminology: IUPAC Recommendations, Blackwell Science: Oxford, England; Malden, MA, USA, 1997.*

2 Основная информация о безопасности

Общее введение



ВНИМАНИЕ

Всегда читайте и соблюдайте приведенные ниже указания по технике безопасности.

Metrohm Autolab прилагает все усилия, чтобы поддерживать самые высокие стандарты безопасности своей продукции и обеспечивать наивысшую степень безопасности для своих клиентов.

Продукция Metrohm Autolab разработана, испытана и изготовлена в соответствии с действующими стандартами безопасности. Соблюдение норм безопасности контролируется системой обеспечения качества. Производство полностью соответствует действующим стандартам безопасности.

Приборы и аксессуары Metrohm Autolab предназначены для использования в лабораторных условиях в целях исследований, испытаний и контроля качества. Для использования приборов Metrohm Autolab требуются базовые технические навыки, базовые знания электрохимии и, в некоторых случаях, базовые знания английского языка.

Пользователи несут ответственность за использование продуктов Metrohm Autolab по назначению и в соответствии с описанием в предоставленной документации и в соответствии с техническими характеристиками продукта.

Для обеспечения безопасной работы с приборами Metrohm Autolab необходимо соблюдение следующих инструкций. Несоблюдение этих инструкций может привести к небезопасной работе. Metrohm Autolab не несет ответственности за любой ущерб или травмы, вызванные несоблюдением следующих инструкций. Гарантия может быть аннулирована в случае использования прибора не по назначению.

По любым вопросам обращайтесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab (<https://www.metrohm.com/en/country-chooser/>) или напрямую к Metrohm Autolab (autolab@metrohm.com).

Общие меры предосторожности

В этом разделе описаны общие меры предосторожности при работе с приборами Metrohm Autolab.

- Всегда размещайте инструмент в том положении, в котором он предназначен для использования (вертикально).

- Всегда размещайте прибор так, чтобы главный выключатель и шнур питания были доступны пользователю, чтобы прибор можно было отключить в случае чрезвычайной ситуации.
- Не ставьте прибор на неустойчивую поверхность.
- Не подвергайте прибор воздействию влаги.
- Во избежание перегрева не закрывайте вентиляционные отверстия прибора (на задней и нижней сторонах прибора) и не размещайте прибор рядом с источниками тепла.
- Не кладите никакие предметы на прибор.
- Не накрывайте прибор, когда он используется или включен.



ВНИМАНИЕ

VIONIC следует размещать и использовать в вертикальном положении. Ни в коем случае не кладите VIONIC на бок или вверх дном.

Опасность поражения электрическим током

Информация о безопасной эксплуатации оборудования в отношении опасности поражения электрическим током.



ВНИМАНИЕ

Внутри прибора нет деталей, обслуживаемых пользователем. Обслуживание прибора должно производиться только квалифицированным персоналом.

Снятие защитных внешних панелей приводит к воздействию потенциально опасного напряжения; это должен делать только квалифицированный персонал.

Снятие защитных панелей неуполномоченным персоналом приводит к потере гарантии на прибор.

- **Кабели:** Работа с приборами Metrohm Autolab разрешена только со шнуром питания с необходимыми характеристиками и типом штекера. Используйте шнуры питания только одобренного типа, соответствующего местным стандартам. Немедленно заменяйте неисправные или изношенные шнуры питания и кабели. Заменяйте кабели только оригинальными запчастями. Не используйте пыльные и грязные штекеры. Не кладите ничего поверх кабелей.
- **Предохранители:** Для приборов, которые имеют сменные предохранители, заменяйте перегоревшие предохранители на новые только того типа и номинала, которые указаны на панели предохранителей и в руководстве. Прибор VIONIC *не имеет* заменяемых пользователем предохранителей.

- **Заземление:** В целях безопасности и экранирования корпус прибора всегда подключается к заземлению. Убедитесь, что шнуры питания подключены к соответствующей сети и всегда используйте розетку с заземлением. Если используются удлинители, они должны иметь заземление. Проверьте правильность заземления всего подключенного оборудования и принадлежностей.
- **Жидкости:** приборы Metrohm Autolab не являются водонепроницаемыми. Поэтому прибор и кабели должны быть защищены от проникновения жидкостей. Несоблюдение мер предосторожности может привести к повреждению прибора и травмам.
- **Конденсация:** Никогда не используйте приборы Metrohm Autolab в условиях, при которых в них или на них может образоваться конденсат. Если прибор перемещают из холодного места в теплое помещение, не подключайте его к сети, пока он не достигнет комнатной температуры.
- **Чистка, перемещение:** Не чистите и не перемещайте прибор с подключенным шнуром питания.

Распаковка и переноска прибора

В этом разделе описывается безопасный способ переноски и подъема прибора VIONIC.

Приборы Metrohm Autolab представляют собой высокоточные исследовательские инструменты, тщательно отрегулированные и откалиброванные с минимальными допусками. Обращайтесь с приборами Metrohm Autolab с осторожностью.

Эти рекомендации необходимо соблюдать при распаковке и переноске инструментов VIONIC.

Вес прибора VIONIC составляет 13 кг.

- Извлеките прибор VIONIC из коробки, взяв вставку за ручки и вынув все содержимое коробки, включая прибор, пенопласт и вставку.
- Поместите содержимое на устойчивый стол или на чистый пол и извлеките коробку с аксессуарами и наполнитель.
- Возьмите VIONIC за предусмотренные для этого ручки, расположенные под передней и задней частями прибора. Ручки не видны, поэтому, чтобы нащупать ручки, нужно подсунуть руки под переднюю и заднюю часть инструмента.
- Кабели ячейки (мост Pure signal) прибора VIONIC присоединены к прибору. Во избежание повреждения боковых панелей и коробок на кабелях держите кабели в руке при перемещении VIONIC. Снимайте защитную пленку с прибора VIONIC и коробок на кабелях только после того, как прибор будет помещен на стол.
- Следуйте инструкциям по установке, чтобы начать использовать VIONIC.



ИНФОРМАЦИЯ

Мы рекомендуем хранить пустую упаковочную коробку на случай, если VIONIC потребуется переместить или отправить в другое место.

Работа с прибором

В этом разделе описывается безопасный метод работы с приборами Metrohm Autolab.

- Перед эксплуатацией приборов Metrohm Autolab ознакомьтесь с дополнительной документацией, прилагаемой к прибору.
- Ознакомьтесь с маркировкой кабелей и условными обозначениями, используемыми в программном обеспечении. Подробности доступны в расширенном руководстве пользователя. Для безопасной работы с приборами Metrohm Autolab пользователю полезно, но не обязательно, ознакомиться с принципом работы прибора. Для получения помощи и поддержки обращайтесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab или непосредственно в Metrohm Autolab.
- Приборы Metrohm Autolab не предназначены для измерений *in vivo*. Не подсоединяйте никакие приборы Metrohm Autolab к телу человека или животных.
- В случае огня или дыма, исходящего из прибора, немедленно отключите его от сети и примите все необходимые меры безопасности. Носите защитные маски и подходящую защитную одежду, чтобы свести к минимуму воздействие любых опасных веществ, которые могут выделяться.

Ремонт и обслуживание

В этом разделе описывается безопасный метод ремонта и обслуживания приборов Metrohm Autolab.

- В приборах Metrohm Autolab нет деталей, обслуживаемых пользователем. Прибор может быть открыт ТОЛЬКО авторизованным и обученным персоналом.
- Во избежание риска поражения электрическим током перед выполнением любых работ по обслуживанию прибор Metrohm Autolab должен быть отключен от электросети.
- По вопросам обслуживания и ремонта, таким как запасные части и техническое обслуживание, обращайтесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab (<https://www.metrohm.com/en/country-chooser/>). Допустимо использовать только оригинальные запасные части Metrohm Autolab.

Контактная информация

Для получения технической помощи найдите местного дистрибьютора и свяжитесь с ним по адресу www.metrohm.com/en/country-chooser/ или свяжитесь с нами напрямую:

Metrohm Autolab BV

Kanaalweg 29G
3526KM, Utrecht, The Netherlands
tel: +31 30 2893154
e-mail: autolab@metrohm.com
www.metrohm.com/en/products/electrochemistry/

2.1 Технические характеристики прибора

Ниже приведен краткий список технических характеристик VIONIC.

Таблица 1. Основные характеристики прибора VIONIC

Спецификация	Значение
Режимы работы	Потенциостатический, гальваностатический
Напряжение соответствия	± 50 В
Максимальный приложенный и измеряемый потенциал	± 10 В
Максимальный приложенный и измеряемый ток	± 6 А (соответствие ± 10 В) ± 3 А (соответствие ± 50 В)
Максимальная приложенная мощность	150 Вт
Максимальная рассеиваемая мощность	50 Вт
EIS	Да
Максимальная частота EIS	10 МГц
Число подключений ячейки	5 (WE, CE, RE, S, S2)
Переключаемый плавающий режим	Да
Встроенный буфер данных	Да
Тип соединения	Ethernet
Заземление	Заземление и аналоговое заземление
Кабели ячейки	Фиксированные (1 м) со съемными адаптивными кабелями (0.5 м)
Размеры	20 см x 27 см x 40 см

Спецификация	Значение
Вес	13 кг
Требования к питанию	300 Вт, 100..240 В, 50/60 Гц

2.2 Типы разъемов и номиналы

В приборе VIONIC используются следующие разъемы с их номиналами:

Таблица 2. Типы и номиналы разъемов, доступные на приборе VIONIC

Тип разъема	Расположение на VIONIC	Функция	Номинал
Гнездо BNC	Мост Pure signal	WE, CE	± 6 А, ± 50 В
Гнездо BNC	Задняя панель	Аналоговый вход Аналоговый выход	± 10 В вход с Hi-Z ± 10 В выход с нагрузкой Hi-Z ($Z_0 = 50$ Ом последовательное сопротивление)
Гнездо SMB	Мост Pure signal	RE, S, S2 Hi-Z входы	Макс. ± 50 В
4 мм гнездо «банан»	Мост Pure signal	Заземление (EARTH)	–
2 мм гнездо «банан»	Мост Pure signal	Аналоговое заземление (AGND)	–
4 мм штекер «банан»	Адаптивные кабели	WE, RE, CE, S, S2, EARTH, AGND	± 6 А (WE, CE), ± 50 В
2 мм штекер «банан»	Адаптивные кабели, опционально	WE, RE, CE, S, S2, EARTH, AGND	± 2.5 А (WE, CE), ± 50 В
Штекер BNC	Адаптивные кабели, опционально	WE, RE, CE, S, S2, EARTH, AGND	± 1 А (WE, CE), ± 50 В
Разъемы «аллигатор»	Адаптивные кабели, опционально	WE, RE, CE, S, S2, EARTH, AGND	± 2.5 А (WE, CE), ± 50 В

Тип разъема	Расположение на VIONIC	Функция	Номинал
Гнездо DB15	Задняя панель	Цифровой вход Цифровой выход	5 В TTL $I_{out H,L} = 7 \text{ мА}$ (макс.)
Миниатюрный разъем для термодпары типа К	Задняя панель	Измерение температуры	–
Гнездо M12-5 A-coded	Задняя панель	Аварийная остановка	5 В, 5 мА
Ethernet (LAN): 0/100/1000BAS E-T IEEE 802.3, гнездо RJ45	Задняя панель	Подключение прибора и управление	–
Стандартное гнездо HDMI типа А	Задняя панель	Предназначен для использования в будущем. Не используется как интерфейс HDMI	LVDS

2.3 Гарантия

Гарантия на продукцию Metrohm Autolab ограничивается дефектами или неисправностями, связанными с дефектами материалов, конструкции или изготовления, которые возникают в течение 36 месяцев со дня поставки. В этом случае дефекты или неисправности будут устранены Metrohm Autolab бесплатно. Транспортные расходы должны быть оплачены заказчиком (при необходимости).



Гарантия не распространяется на поломку стекла электродов, ячеек или других деталей. На расходные материалы (электроды, кристаллы кварцевых микровесов и т. д.) гарантия не распространяется.

Если повреждение упаковки очевидно при получении товара или если товар имеет признаки повреждения при транспортировке после распаковки, необходимо немедленно сообщить об этом перевозчику и потребовать письменный отчет о повреждении. Отсутствие официального отчета об ущербе освобождает Metrohm Autolab от любой ответственности по выплате компенсации.

Если какие-либо инструменты или детали необходимо вернуть, следует использовать оригинальную упаковку. Это относится ко всем инструментам, электродам, ячейкам и другим частям. Если оригинальная упаковка недоступна, ее можно заказать в Metrohm Autolab или у местного дистрибьютора. Компания Metrohm Autolab не несет никакой гарантийной ответственности за ущерб, возникший в результате несоблюдения этих инструкций.

Не модифицируйте кабели ячейки или кабельные разъемы. Эти кабели предназначены для наилучшей работы. Модификации этих соединений другими разъемами приведут к потере гарантии.

2.4 Доступность запасных частей

На всю продукцию, разработанную, произведенную и протестированную Metrohm Autolab, распространяется гарантия наличия запасных частей в течение 10 лет со дня поставки. Неисправности или дефекты, возникшие в течение этого периода, будут исправлены Metrohm Autolab таким образом, чтобы изделие соответствовало всем первоначальным требованиям и спецификациям. По истечении десяти лет изделия, поставляемые Metrohm Autolab, могут не обслуживаться. Тем не менее, Metrohm Autolab попытается устранить любую неисправность или дефект по истечении этого срока, пока запасные части остаются доступными.



2.5 Защита окружающей среды

Пиктограмма, показанная на рисунке, расположенном на продукте(ах) и/или сопроводительных документах, означает, что использованное электрическое и электронное оборудование нельзя смешивать с обычными бытовыми отходами. Для надлежащей обработки, восстановления и переработки отнесите эти продукты в специальные пункты сбора, где они будут приняты бесплатно.

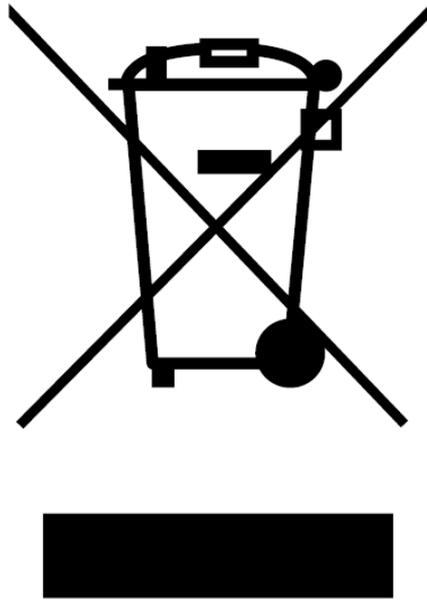


Рисунок 1 Пиктограмма WEEE (Отходы электрического и электронного оборудования)

Альтернативно, в некоторых странах вы можете вернуть продукт местному продавцу при покупке эквивалентного нового продукта. Правильная утилизация этого продукта поможет сохранить ценные ресурсы и предотвратить любые потенциальные негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды, которые могут возникнуть в результате неправильного обращения с отходами.

Пожалуйста, свяжитесь с местными властями для получения более подробной информации о ближайшем назначенном пункте сбора. За неправильную утилизацию этих отходов могут применяться штрафы в соответствии с национальным законодательством.

3 Декларация соответствия ЕС

Эта декларация подтверждает соответствие прибора стандартным спецификациям для электрических приборов и принадлежностей, а также стандартным спецификациям по безопасности и валидации системы компании-производителя.

<p><i>Наименование товара</i></p>	<p>VIONIC</p> <p>Потенциостат / гальваностат, лабораторное измерительное оборудование, используемое для измерения электрохимических ячеек.</p>	
<p><i>Директивы</i></p>	<p>Прибор VIONIC имеет маркировку CE и соответствует следующим директивам ЕС:</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2014/35/EU (Low Voltage Directive, LVD) ▪ 2014/30/EU (EMC Directive, EMC) ▪ 2011/65/EU (Directive for certain hazardous substances, RoHS)
<p><i>Характеристики безопасности</i></p>	<p>Прибор VIONIC соответствует требованиям безопасности в соответствии со следующими стандартами:</p>	
	<p>Дизайн и типовые испытания</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 61010-1:2016 <p><i>Требования безопасности к электрическому оборудованию для измерения, контроля и лабораторного использования.</i></p>
	<p>Тестирование в производстве</p>	<p>Каждый прибор проходит типовые испытания в производственном подразделении в соответствии с:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EN/IEC 61010-1 Appendix F <p><i>Проверка соединения защитного проводника и изоляции от силовой цепи.</i></p>
<p><i>Электромагнитная совместимость (EMC)</i></p>	<p>Прибор VIONIC изготовлен и прошел окончательные типовые испытания в соответствии со стандартами:</p>	
	<p>Требования</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 61326-1:2013 <p>Электрооборудование для измерения, контроля и лабораторного использования – общие требования EMC.</p>
	<p>Эмиссия:</p>	<p>Соответствует стандартам</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 61000-3-2:2014 ▪ EN 61000-3-3:2013 ▪ EN 61326-1:2013
	<p>Иммунитет:</p>	<p>Соответствует стандартам</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 61326-1:2013

<p><i>Производитель</i></p>	<p>Metrohm Autolab B.V., Kanaalweg 29G, 3526 KM, Utrecht, The Netherlands</p> <p>Metrohm Autolab B.V. имеет TÜV-сертификат системы качества ISO 9001:2015 на обеспечение качества при разработке, производстве, продаже и ремонте средств измерений и принадлежностей в электрохимии, включая техническую поддержку (регистрационный номер 7528).</p> <p>Utrecht, 17 февраля 2021 г</p>	
	 <p>J. J. M. Coenen Руководитель R&D</p>	 <p>A. Idzerda Руководитель производства</p>

4 Общий обзор и принцип работы прибора Autolab

В этой главе представлен общий обзор структурных блоков прибора, а также специфические аппаратные свойства, которые могут повлиять на результаты электрохимических экспериментов.

4.1 Структурные блоки и принцип работы VIONIC под управлением INTELLO

VIONIC под управлением INTELLO – это электрохимический прибор с компьютерным управлением. VIONIC разработан с использованием современных инженерных методов с использованием самых передовых компонентов на рынке. Передача данных основана на TCP/IP-Ethernet, что дает множество нестандартных возможностей. Функциональность компонентов объединена для использования различных методов. Компоненты, используемые для методов постоянного тока, таких как циклическая вольтамперометрия, также используются для методов переменного тока (таких как EIS), поэтому использование дополнительных модулей для добавления дополнительных функций или расширения спецификаций больше не требуется.

Сердцем прибора является двухъядерный процессор, обеспечивающий гибкость для будущих разработок и инноваций в области электрохимии.

Прибор VIONIC работает под управлением программного обеспечения INTELLO, работающем на главном компьютере.

Базовая блок-схема VIONIC под управлением INTELLO представлена на рисунке ниже. На блок-схеме путь аналогового сигнала показан синим цветом, а путь цифрового сигнала — оранжевым. Аналого-цифровое (АЦП) или цифро-аналоговое (ЦАП) преобразование происходит каждый раз, когда меняется цвет пути.

Сверху вниз на блок-схеме VIONIC указаны:

- **Системное программное обеспечение – INTELLO** Функциональность INTELLO распространяется на прибор и главный компьютер. Расположение каждой программной функции было выбрано на основе требований к функциям и производительности при сохранении гибкости дизайна программного обеспечения, позволяющей адаптироваться к будущим требованиям в постоянно меняющемся ландшафте программного обеспечения. Упрощенный дизайн состоит из прикладного программного обеспечения пользователя, также известного как Пользовательский Интерфейс INTELLO, работающего на главном компьютере. Пользовательский интерфейс предоставляет пользователю мощный инструмент для создания электрохимических методик, ввода настроек конкретных параметров эксперимента и установки прибора в определенные состояния. Для управления измерениями можно использовать стандартные процедуры измерения, а также индивидуально созданные процедуры.
- **Application Services (Службы Приложений)** – это промежуточный программный уровень, который отвечает за многие функции программного обеспечения, включая обмен данными между пользовательским интерфейсом и программным обеспечением более низкого уровня, расположенным на приборе. Клиент не может и не должен взаимодействовать или изменять Службы Приложений. Один установщик INTELLO и процесс обновления позволяют установить или обновить все программные компоненты.
- **Интерфейс TCP/IP-Ethernet** Связь осуществляется через TCP/IP-Ethernet, что позволяет контролировать прибор и управлять им из разных мест в сети.
- **Встроенный процессор и встроенное программное обеспечение** Встроенный процессор VIONIC представляет собой двухъядерный процессор ARM и взаимодействует со Службами Приложений. Встроенный процессор и встроенное программное обеспечение обеспечивают управление в реальном времени процессором цифровых сигналов (DSP). Измерения выполняются с высокоточной синхронизацией с точностью менее наносекунд в зависимости от заданной длительности шага. Встроенный процессор и встроенное программное обеспечение также могут выполнять измерения медленно меняющихся сигналов (например, сигналов, для которых точность синхронизации не так важна, таких как измерения температуры). Встроенный процессор и встроенное программное обеспечение также отвечают за синхронизацию всех измеренных данных. Встроенный процессор и встроенное программное обеспечение позволяют продолжать измерения при потере связи со Службами Приложений и Программным обеспечением пользователя (например, при закрытии INTELLO или выключении или отключении компьютера). Отключения могут быть случайными (например, сбой компьютера) или преднамеренными (например, в случае отвязки физически отключить компьютер от VIONIC). В этом случае во внутренней памяти прибора сохраняются данные измерений, и после восстановления соединения данные будут переданы в базу данных, расположенную на хост-компьютере. Данные из базы данных будут отображаться в Пользовательском Интерфейсе INTELLO.

- **Процессор цифровых сигналов (DSP) реального времени** Процессор цифровых сигналов реального времени вместе с Блоком Генерации Сигналов и Блоком Обнаружения Сигналов обеспечивает точную синхронизацию генерации и сбора сигналов.
- **Генератор сигналов** Генератор сигналов используется для генерации сигналов, предназначенных для подачи на электрохимическую ячейку.
- **Контроллер PGSTAT** Блок управления PGSTAT в целом отвечает за точный контроль состояния электрохимической ячейки. Он состоит из следующих частей: Усилитель Мощности (PA), Повторитель Напряжения (VF), Повторитель Тока (CF) и Второй Повторитель Напряжения (VF2).
- **Усилитель мощности (PA)** отвечает за подачу сигналов на электрохимическую ячейку. УМ способен быстро подавать как сигналы высокой, так и малой мощности (постоянный и переменный ток). PA обеспечивает выходное напряжение на вспомогательном электроде (CE) по отношению к рабочему электроду (WE), необходимое для поддержания разности потенциалов между электродом сравнения (RE) и измерительным электродом (S) на заданном пользователем уровне в потенциостатическом режиме, или требуемый пользователем ток через вспомогательный электрод (CE) и рабочий электрод (WE) в гальваностатическом режиме.
- **Повторитель напряжения (VF)** измеряет напряжение между электродом сравнения (RE) и измерительным электродом (S). В потенциостатическом режиме это измеренное напряжение подается обратно на блок управления PGSTAT и усилитель мощности (PA), так что напряжение между RE и S поддерживается на заданной величине.
- **Повторитель тока (CF)** измеряет ток, протекающий через ячейку между рабочим электродом (WE) и вспомогательным электродом (CE). Датчики измерения тока воспринимают ток на рабочем электроде. В гальваностатическом режиме этот ток подается обратно на блок управления PGSTAT и усилитель мощности, так что ток, протекающий через ячейку, поддерживается на заданной величине.
- **Второй повторитель напряжения (VF2)** измеряет второе напряжение между электродом сравнения (RE) и вторым измерительным электродом (S2). Если S2 подключен к CE, можно контролировать напряжение CE относительно RE.
- **Блок сбора сигналов** Измеряемые сигналы, напряжение и ток очень точно дискретизируются с помощью истинно параллельного аналого-цифрового преобразователя VIONIC в части сбора сигналов. Наименьший возможный интервал выборки составляет 1 мкс для методов постоянного тока, таких как циклическая вольтамперометрия, и 40 нс для методов переменного тока (например, EIS). Измеренные сигналы обрабатываются в DSP реального времени, а производные сигналы, такие как заряд (Q), рассчитываются и синхронизируются с внешними измеренными сигналами. Эти сигналы передаются во встроенный процессор и синхронизируются с менее точно синхронизированными сигналами, такими как температура (T).

- **Переключатель подключения / отключения ячейки** представляет собой программный выключатель, который используется для отключения усилителя мощности от электрохимической ячейки, т. е. отключения ячейки. Если ячейка отключена, потенциал, измеренный между WE и RE (когда S подключен к WE), соответствует потенциалу разомкнутой цепи (OCP), и ток через электрохимическую ячейку будет прерван (ток будет равен нулю).
- **Мост Pure Signal** используется для соединения VIONIC с электродами электрохимической ячейки (т.е. WE, CE, RE, S, S2). Мост Pure Signal состоит из фиксированных кабелей, заканчивающихся соединительными коробками: распределительной коробкой и буферной коробкой. Технические характеристики прибора гарантируются вплоть до соединительных коробок, так как отсутствует внешнее или паразитное влияние на измеряемый и приложенный сигнал.

Адаптивные кабели – это кабели от соединительных коробок к электродам.

Адаптивные кабели делаются как можно короче, чтобы уменьшить потери сигнала в кабелях. Они съемные и снабжены разъемами, причем доступны различные типы разъемов. Любые кабели или адаптеры, которые используются между соединительными коробками и электрохимической ячейкой, могут повлиять на правильность сигнала. Поэтому очень важно использовать только оригинальные комплекты адаптивных кабелей.

Разъем EARTH напрямую подключается к защитному заземлению и может использоваться для заземления клетки Фарадея или внешнего устройства для уменьшения наводок шума 50/60 Гц. Весь мост Pure Signal позволяет создать наилучшую настройку для защиты от помех 50/60 Гц.

Разъем AGND напрямую подключен к электронному заземлению (аналоговому заземлению) и может использоваться только в особых случаях, таких как измерения амперметра нулевого сопротивления (ZRA) или электрохимического шума (ECN), выполняемые в плавающем режиме.

- **Переключатель плавающего режима** – это программный переключатель, который используется для переключения VIONIC между неплавающим и плавающим режимами работы. Когда прибор работает в плавающем режиме, защитное заземление будет изолировано от аналогового заземления (AGND). В этом случае аналоговая электроника *плавает* относительно защитного заземления.

Неплавающий режим является наиболее распространенным и должен использоваться все время, когда ни один из электродов или частей электрохимической ячейки не заземлен (не имеет прямого соединения с заземлением).

Плавающий режим необходимо использовать для измерений на заземленном рабочем электроде (WE), заземленном вспомогательном электроде (CE) или в заземленной электрохимической ячейке, такой как автоклав или перчаточный бокс. Внешние (обычно заземленные) устройства все еще можно использовать, когда VIONIC работает в плавающем режиме, внешний аналоговый вход и выход, а также триггерные блоки цифрового ввода-вывода находятся вне части аналоговой электроники с плавающим заземлением.

- **Блок измерения температуры** имеет специальный электронный интерфейс и используется для подключения стандартной термопары. Это можно использовать для контроля температуры в режиме реального времени во время эксперимента. Сигнал температуры обрабатывается непосредственно встроенным процессором.
- **Аналоговый ввод / вывод** – это плата ввода / вывода, используемая для контроля сигналов и интерфейсных устройств. Синхронизация внешних сигналов имеет ту же точность, что и основные электрохимические сигналы, измеренные электрохимической ячейкой, с которой они обрабатываются DSP реального времени. Заземление платы ввода / вывода гальванически развязано с аналоговой электроникой блока управления PGstat. Это позволяет использовать неплавающие внешние устройства, пока VIONIC работает в плавающем режиме.
- **DIO Trigger**, или триггер цифрового ввода / вывода является частью платы ввода / вывода и используется для ввода и вывода цифровых сигналов. Он используется для триггера приема и передачи (TTL).



ИНФОРМАЦИЯ

Когда прибор работает в *неплавающем режиме*, EARTH и AGND внутренне соединены друг с другом посредством переключателя плавающего режима.



ВНИМАНИЕ

Когда прибор работает в *плавающем режиме*, аналоговое заземление (AGND) *НЕ* может быть подключено к заземлению EARTH (непосредственно или через внешние устройства).



ВНИМАНИЕ

Когда прибор работает в *плавающем режиме* и термопара подключена к прибору и используется для контроля температуры электрохимической ячейки, внешняя часть датчика термопары, которая контактирует с электрохимической ячейкой, должна быть изолирована электрическим изолятором.

4.2 Внешний вид VIONIC

Ниже приведены внешние части VIONIC, с которыми взаимодействует пользователь во время работы с прибором:

4.2.1 Передняя панель прибора

На передней панели VIONIC можно выделить следующие отдельные детали:

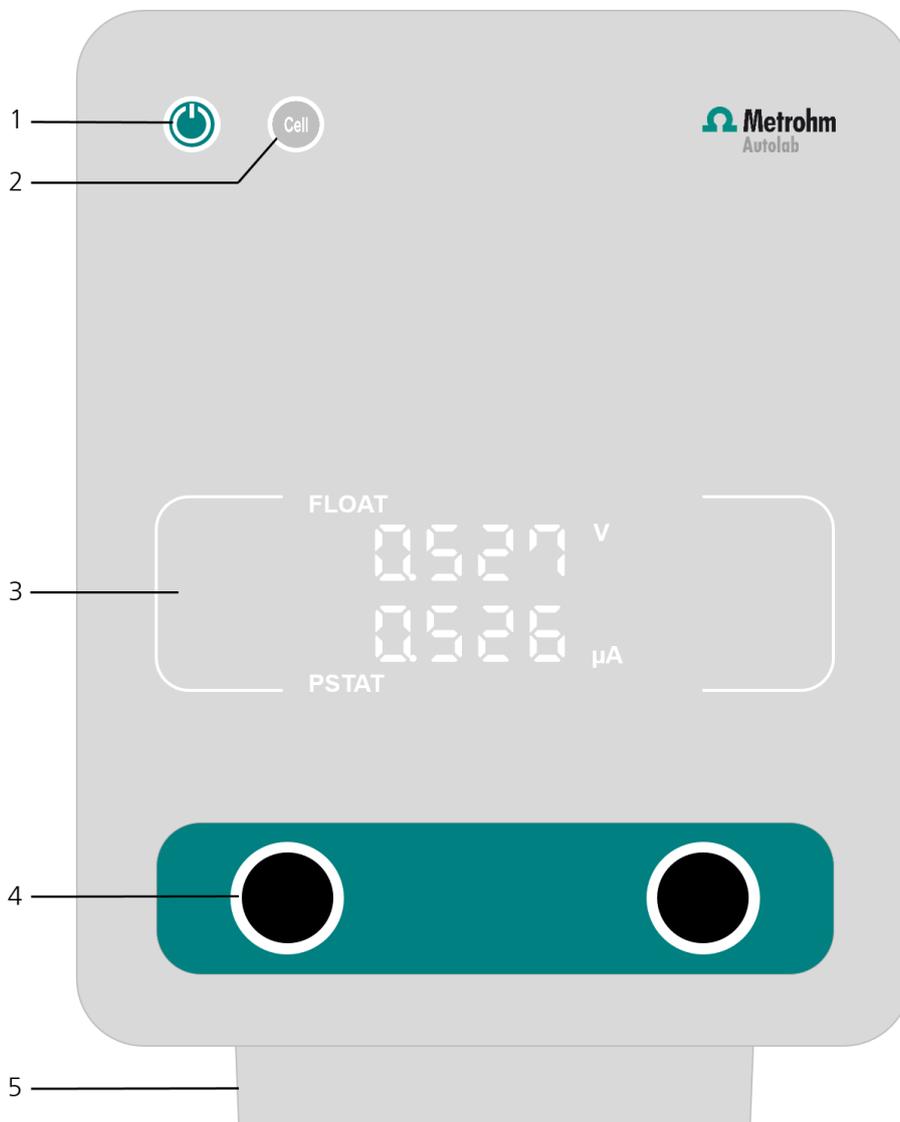


Рисунок 3. Передняя панель VIONIC

1. Кнопка питания
2. Кнопка ячейки
3. Функциональный и буквенно-цифровой дисплей
4. Блок кабелей ячейки с кабельными световыми кольцами
5. Основание прибора (нижняя часть)



ИНФОРМАЦИЯ

Динамический интерфейс является особой и уникальной особенностью VIONIC и включает в себя кнопки питания (1) и ячейки (2), функциональный и буквенно-цифровой дисплей (3), световые кольца кабеля ячейки (4). Полный **динамический интерфейс** виден только тогда, когда прибор включен. Для получения дополнительных сведений о динамическом интерфейсе и индикации состояний прибора см. соответствующий раздел.

4.2.2 Задняя панель

Задняя панель VIONIC включает следующее:

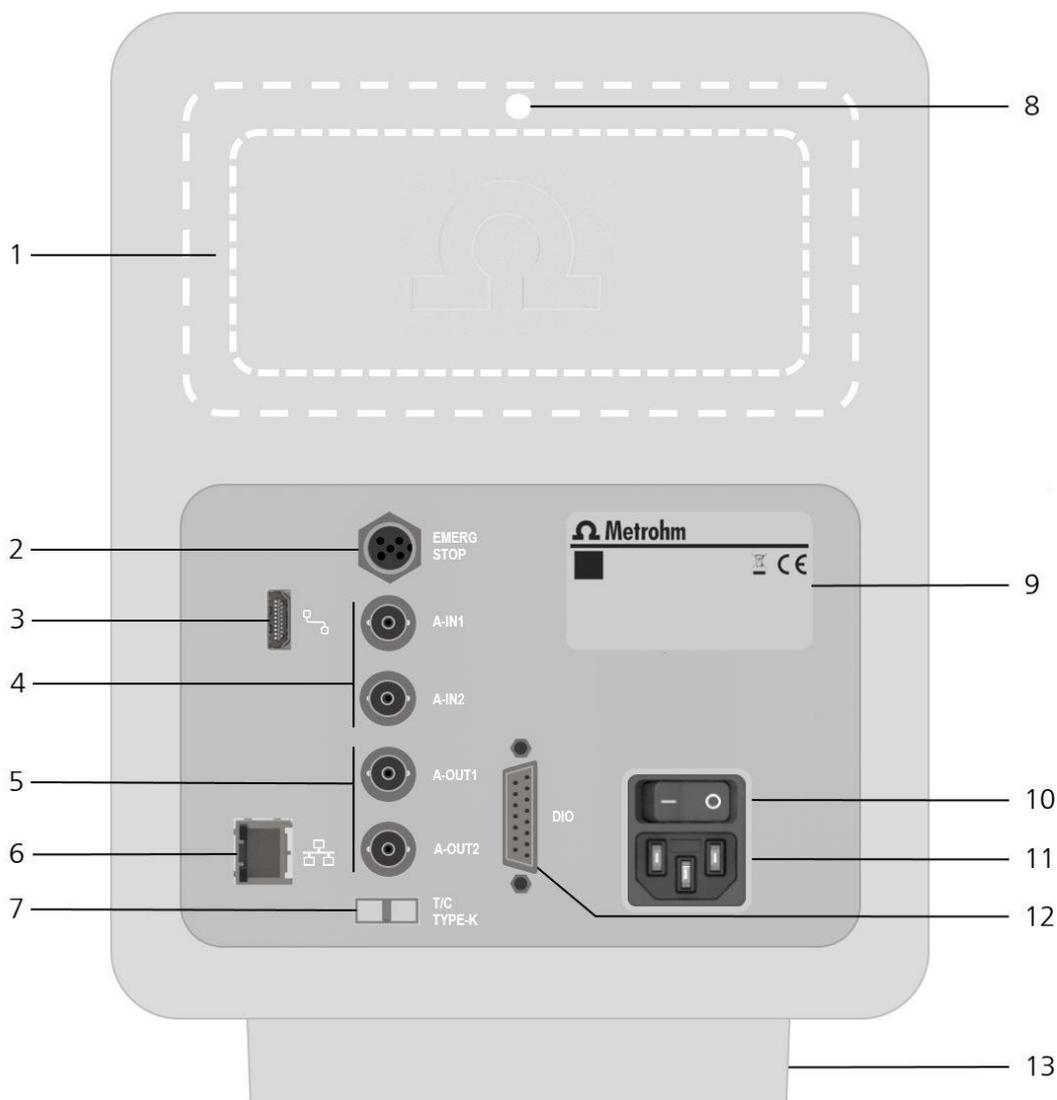


Рисунок 4. Задняя панель VIONIC

1. Вентилятор охлаждения
2. Подключение кнопки аварийной остановки
3. Не используется
4. Разъемы аналогового входа (2х, BNC)
5. Разъемы аналогового выхода (2х, BNC)

6. Разъем Ethernet (LAN)
7. Входной разъем термопары (тип К)
8. Крепежный винт для верхней и боковой панелей
9. Этикетка прибора с серийным номером
10. Основного выключатель питания
11. Вход питания
12. Разъем цифрового входа / выхода (DIO)
13. Основание прибора (нижняя часть)



ВНИМАНИЕ

VIONIC может быть вскрыт только сертифицированным сервисным персоналом Metrohm Autolab. Вскрытие прибора несертифицированным персоналом приведет к аннулированию гарантии на прибор.

4.2.3 Кабели ячейки

VIONIC подключается к электрохимической ячейке через мост Pure signal:

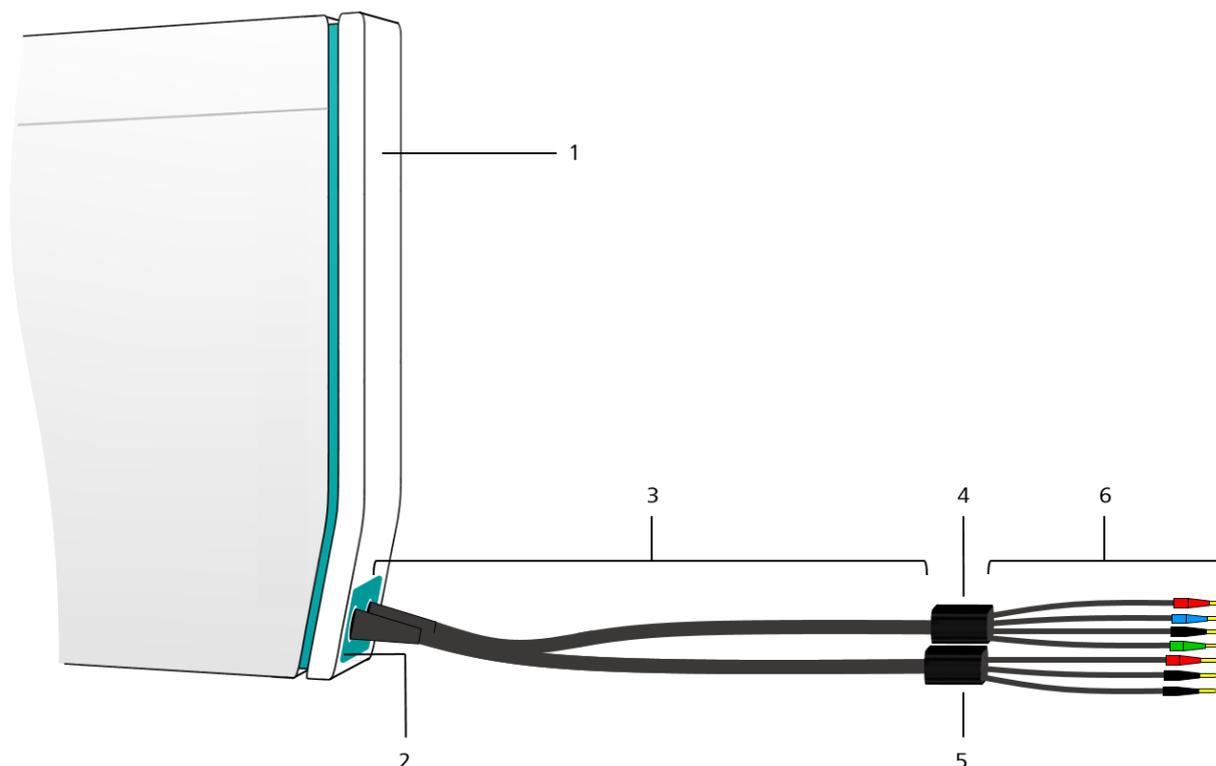


Рисунок 5. VIONIC мост Pure signal с составными частями

1. VIONIC
2. Блок разъемов кабелей ячейки (часть VIONIC)
3. Главные кабели ячейки, фиксированные, длина 1 м
4. Буферная коробка, закрепленная на главном кабеле
5. Разветвительная коробка, закрепленная на главном кабеле
6. Съёмные адаптивные кабели длиной 0.5 м

Мост Pure signal состоит из следующих частей:

- **Главные кабели ячейки** длиной 1 м, прикрепленные к передней части прибора и напрямую подключенные к основной электронике PGSTAT через соединительный блок кабеля ячейки.
Выводы для электрода сравнения (RE), измерительного (S) и второго измерительного (S2) электродов (используемых для измерения напряжения) собраны в один главный кабель, а выводы рабочего (WE) и вспомогательного (SE) электродов (используемых для измерения тока) вместе с выводом аналогового заземления (AGND) объединены в другой основной кабель.
- **Буферная и разветвительная коробки**, закрепленные на главных кабелях ячеек.
Буферная и разветвительная коробки содержат активную электронику и обеспечивают точность и прецизионность измеренных и приложенных сигналов на электрохимическую ячейку без каких-либо потерь или искажений из-за кабелей. Буферная и разветвительная коробки закреплены на главных кабелях и не могут быть сняты.
- **Съемные адаптивные кабели** длиной 0.5 м используются для физического подключения VIONIC к электродам в электрохимической ячейке. Адаптивные кабели подключаются к буферной и разветвительной коробкам с помощью стандартных разъемов SMB и BNC соответственно. Разъем EARTH обеспечивает прямое соединение с защитным заземлением через корпус буферной коробки.



ВНИМАНИЕ

Технические характеристики VIONIC гарантируются только при использовании оригинальных адаптивных кабелей. Настоятельно рекомендуется избегать использования каких-либо дополнительных кабелей или адаптеров в экспериментальной установке.



ИНФОРМАЦИЯ

Прибор VIONIC стандартно поставляется с мостом Pure signal, включая один набор адаптивных кабелей с 4 мм разъемами «банан». Если требуются другие типы разъемов, см. Дополнительные адаптивные кабели, доступные для VIONIC.



Рисунок 6. Буферная и разветвительная коробки с разъемами и маркировкой.

1. Буферная коробка

2. Разветвительная коробка

Следующие разъемы доступны на мосту Pure signal
(буферная и разветвительная коробки)

Таблица 3. Доступные разъемы на мосту Pure signal
(буферная и разветвительная коробки)

Коробка	Маркировка	Коннектор / разъем	Описание / Роль
Разветвитель	WE	BNC	Внутренне подключен к датчикам тока в приборе. Роль в контроле и измерениях напряжения и тока на рабочем электроде. Подключается к рабочему электроду в электрохимической ячейке.
Разветвитель	CE	BNC	Внутренне подключен к управляющему усилителю в приборе. Роль в контроле приложенного напряжения и тока к ячейке. Подключается к вспомогательному электроду в электрохимической ячейке.
Буфер	RE	SMB	Внутренне подключен к датчику напряжения. Роль в контроле и измерении напряжения между электродом сравнения и измерительным электродом. Подключается к электроду сравнения в электрохимической ячейке.
Буфер	S	SMB	Внутренне подключен к датчику напряжения. Роль в контроле и измерении напряжения между электродом сравнения и измерительным электродом. Подключается к измерительному электроду в электрохимической ячейке.

Коробка	Маркировка	Коннектор / разъем	Описание / Роль
Буфер	S2 (#)	SMB	Внутренне подключен ко второму датчику напряжения. Роль в измерениях второго напряжения между электродом сравнения и вторым измерительным электродом. Подключается ко второму электроду измерения потенциала в электрохимической ячейке (например, вспомогательный электрод). Только если нужно. (#)
Разветвитель	AGND (#)	2 мм «банан»	Внутренне подключен к аналоговому заземлению электроники. Используется в качестве заземления <i>только для измерений ZRA в плавающем режиме работы или с комплектом кабелей HF EIS.</i> (#)
Буфер	EARTH (#)	4 мм «банан»	Подключен к заземлению электросети. Роль заземления вспомогательного оборудования и клеток Фарадея, используемых в экспериментальной установке. (#)

(#) - используется только в том случае, если этого требует приложение.



ИНФОРМАЦИЯ

Съемные адаптивные кабели всегда должны подключаться в соответствии с маркировкой, имеющейся на мосте Pure Signal. В случае работы в перекрестно-плавающем режиме маркировка крестом (X) должна использоваться для подключения моста Pure Signal к электрохимической ячейке. Дополнительные сведения приведены в разделе, посвященном работе в плавающем режиме, а руководство по подключению представлено в пользовательском интерфейсе INTELLO.



ИНФОРМАЦИЯ

Когда VIONIC работает в плавающем режиме, разъем заземления EARTH продолжает обеспечивать прямое соединение с защитным заземлением. В этом случае (плавающий режим работы) НЕ ПОДКЛЮЧАЙТЕ разъем аналогового заземления (AGND) к разъему заземления EARTH или к любым устройствам, имеющим прямое соединение с защитным заземлением.



ВНИМАНИЕ

- Не модифицируйте кабели ячеек, коробки буфера или разветвителя или кабельные разъемы.
- Внешние коробки буфера и разветвителя, установленные на кабелях ячейки, являются частью всей электроники прибора и не могут быть удалены.
- Мост Pure Signal использует активное (управляемое) экранирование, необходимое для достижения рабочих характеристик прибора. Они специально разработаны для максимально возможной производительности. Технические характеристики VIONIC действительны только при использовании оригинальных кабелей ячейки. Модификация и ремонт кабелей или разъемов может выполняться только квалифицированным персоналом Metrohm Autolab.
- Модификация кабелей или разъемов, выполненная неквалифицированным персоналом, приведет к потере гарантии.

4.2.4 Адаптивные кабели

Адаптивные кабели являются частью моста Pure signal прибора VIONIC, соединяющего прибор и электрохимическую ячейку. Адаптивные кабели имеют длину 0.5 м, съемные и могут быть заменены пользователем. Они подключаются к коробкам буфера и разветвителя с помощью стандартных разъемов SMB и BNC соответственно.

Прибор VIONIC стандартно поставляется со следующим набором кабелей:

- Комплект адаптивных кабелей с разъемами «банан» 4 мм (с изоляционным экраном), включающий:
 - Кабель рабочего электрода (WE), 0.5 м с красным 4 мм разъемом «банан».
 - Кабель вспомогательного электрода (CE), 0.5 м с черным 4 мм разъемом «банан».
 - Кабель электрода сравнения (RE), 0.5 м с синим 4 мм разъемом «банан».
 - Кабель сенсорного электрода (S), 0.5 м с красным 4 мм разъемом «банан».
 - Кабель второго сенсорного электрода (S2), 0.5 м с черным 4 мм разъемом «банан».
- Кабель заземления (EARTH), 0,5 м с красными штекерами «банан» 4 мм

- Высокочастотные кабели с 4 мм разъемами «банан», используемые для измерений ЭИС на частотах выше 1 МГц, в состав которых входят:
 - Кабель электрода сравнения (RE) для высокочастотных (ВЧ) измерений EIS, 0.25 м с 4 мм разъемами «банан».
 - Кабель измерительного электрода (S) для высокочастотных (ВЧ) измерений EIS, 0.25 м с 4 мм разъемами «банан».
 - Кабель заземления (EARTH/AGND) для высокочастотных (ВЧ) измерений EIS, 0.25 м с 4 мм / 2 мм разъемами «банан».



ИНФОРМАЦИЯ

Подробная информация об использовании этих кабелей доступна в главе, посвященной точности EIS и контурной диаграмме.



Рисунок 7. Стандартный набор адаптивных кабелей, 0.5 м с 4 мм разъемами «банан»



Рисунок 8. Стандартный кабель заземления (EARTH), 0.5 м с 4 мм разъемами «банан».



Рисунок 9. Кабели высокой частоты (ВЧ), используемые для измерений EIS на частотах выше 1 МГц, 0.25 м с 4 мм разъемами «банан».

Дополнительные адаптивные кабели

Для электрохимических ячеек, требующих различных типов соединений, следующие типы адаптивных кабелей доступны *опционально*:

- Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, длиной 0.5 м с **изолированными разъемами BNC для ячеек**. Эти кабели и разъемы рассчитаны на *максимальный ток 1 А* и рекомендуются при прямом подключении к проходным компонентам или другим устройствам через разъемы BNC.



- Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, длиной 0.5 м с 2 мм разъемами «банан». Эти кабели рассчитаны на *максимальный ток 2.5 А*, и их рекомендуется использовать с электродами, имеющими гнездовые разъемы диаметром 2 мм.



- Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, длиной 0.5 м с изолированными разъемами «аллигатор». Эти кабели и разъемы рассчитаны на *максимальный ток 2.5 А*, и их рекомендуется использовать при подключении к электродам путем прикрепления зажимов непосредственно на контакты.



- Кабель аналогового заземления (AGND) для измерений ZRA в плавающем режиме, 0.5 м с 4 мм / 2 мм разъемами «банан».





ВНИМАНИЕ

Технические характеристики VIONIC гарантируются только при использовании оригинальных адаптивных кабелей. Настоятельно рекомендуется избегать использования каких-либо дополнительных кабелей или адаптеров в экспериментальной установке.



ИНФОРМАЦИЯ

Съемные адаптивные кабели всегда должны подключаться в соответствии с маркировкой, имеющейся на мосте Pure Signal. В случае работы в перекрестно-плавающем режиме маркировка со знаком  должна использоваться для подключения моста Pure Signal к электрохимической ячейке. Дополнительные сведения приведены в разделе, посвященном работе в плавающем режиме, а руководство по подключению представлено в пользовательском интерфейсе INTELLO.



ВНИМАНИЕ

- Не модифицируйте кабели ячеек, коробки буфера или разветвителя или кабельные разъемы.
- Внешние коробки буфера и разветвителя, установленные на кабелях ячейки, являются частью всей электроники прибора и не могут быть удалены.
- Мост Pure Signal использует активное (управляемое) экранирование, необходимое для достижения рабочих характеристик прибора. Они специально разработаны для максимально возможной производительности. Технические характеристики прибора Autolab действительны только при использовании оригинальных кабелей ячейки. Модификация и ремонт кабелей или разъемов может выполняться только квалифицированным персоналом Metrohm Autolab.
- Модификация кабелей или разъемов, выполненная неквалифицированным персоналом, приведет к потере гарантии.

4.3 Динамический интерфейс

Динамический интерфейс VIONIC позволяет пользователю постоянно следить за состоянием прибора и проводить измерения с видимостью на расстоянии до 6 м в большинстве лабораторных условий. Он состоит из интуитивно понятной комбинации визуальных индикаторов, цветов и схем модуляции, специфичных для каждого состояния, в котором находится прибор в определенный момент. Динамический интерфейс дает пользователю возможность свободно перемещаться по лаборатории, обеспечивая дополнительную эффективность и производительность.

Следующие **визуальные индикаторы** являются частью динамического интерфейса:

- **Кнопка питания**
- **Кнопка ячейки**
- **Буквенно-цифровой и функциональный дисплей**
- **Световые кольца на кабелях ячейки**

Следующие **цвета** используются на дисплее прибора:

- **Белый** означает, что прибор готов и работает в нормальном режиме.
- **Желтый** означает, что прибор загружается или находится в непривязанном состоянии (прибор продолжает измерения, когда компьютер отключен от VIONIC)
- **Красный** означает состояние ошибки прибора

Следующие схемы **модуляции** используются на дисплее прибора:

- **Не горит**, означает, что действие приостановлено или остановлено
- **Горит постоянно**, означает состояние готовности
- **Мигает**, модуляция 3 Гц (быстрая), означает, что необходимо внимание пользователя
- **Пульсирует**, модуляция 0.5 Гц (медленная), означает, что прибор занят

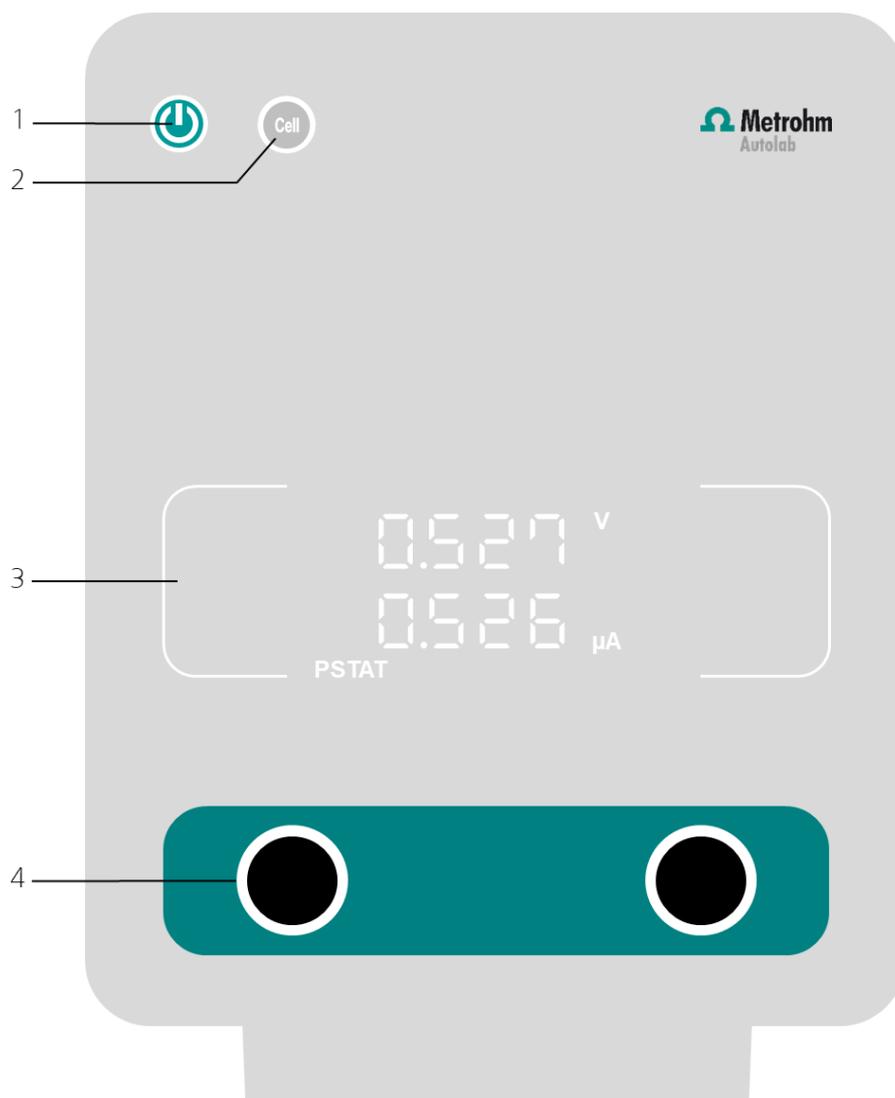


Рисунок 10. Общий вид дисплея прибора.

1. Кнопка питания

использует *белый, желтый и красный свет* с различными схемами модуляции, указывающими на определенное состояние прибора.

2. Кнопка ячейки

использует *белый свет* с различными схемами модуляции, указывающими на определенное состояние прибора.

3. Функциональный и буквенно-цифровой дисплей

показывает мгновенное значение измеренного/приложенного потенциала и тока, режим работы, плавающий режим, состояние ошибки (если есть), перегрузки сигнала.

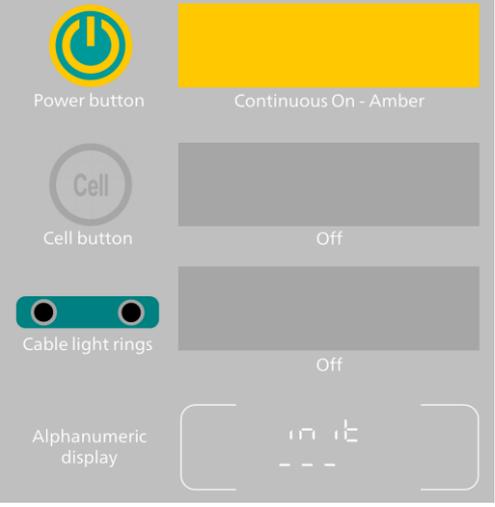
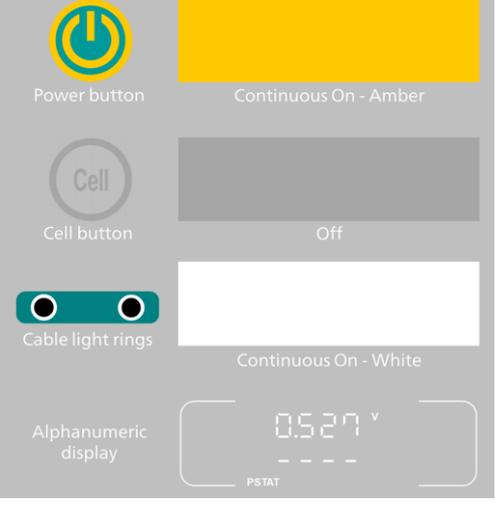
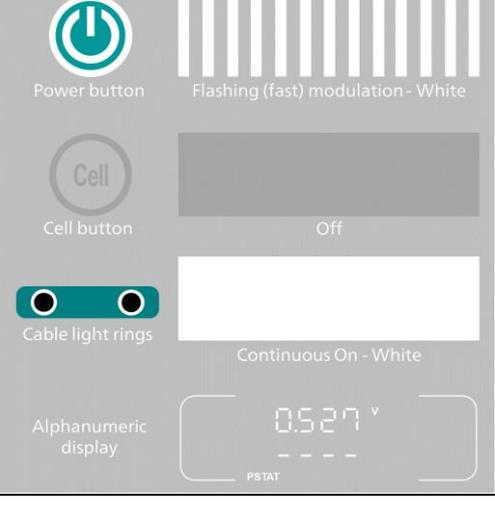
4. Световые кольца кабелей ячейки

используют *белый свет* с различными схемами модуляции, указывающими на определенное состояние прибора.

Подробный обзор каждого состояния прибора и соответствующей индикации представлен в соответствующем параграфе.

4.3.1 VIONIC и индикация состояния эксперимента

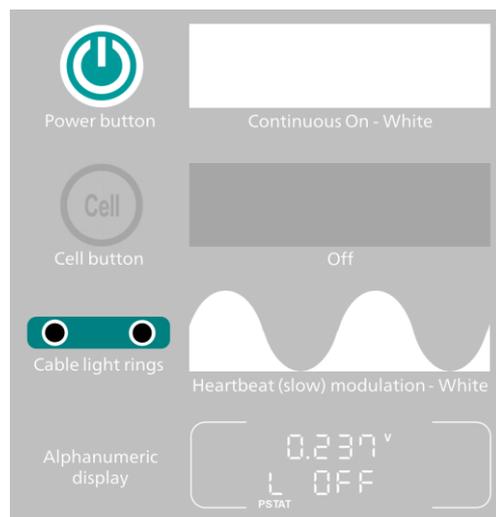
Ниже приведен полный обзор индикации Динамического Интерфейса и соответствующих состояний VIONIC и измерений.

<p>Инициализация</p> <ul style="list-style-type: none">• VIONIC загружается после включения• Состояние загрузки отображается количеством сегментов (от 1 до 4) на буквенно-цифровом дисплее	 <p>Power button: Continuous On - Amber</p> <p>Cell button: Off</p> <p>Cable light rings: Off</p> <p>Alphanumeric display: in it - - - -</p>
<p>Готов к подключению</p> <ul style="list-style-type: none">• VIONIC завершил загрузку и ожидает подключения к INTELLO• Буквенно-цифровой дисплей показывает потенциал разомкнутой цепи (ОСР). Ячейка отключена, ток через ячейку не течет (показаны четыре черточки)	 <p>Power button: Continuous On - Amber</p> <p>Cell button: Off</p> <p>Cable light rings: Continuous On - White</p> <p>Alphanumeric display: 0.527 V PSTAT - - - -</p>
<p>Запрос от INTELLO</p> <ul style="list-style-type: none">• очень короткое состояние, указывающее момент, когда VIONIC запрашивается в INTELLO• Буквенно-цифровой дисплей показывает потенциал разомкнутой цепи (ОСР). Ячейка отключена, ток через ячейку не течет (показаны четыре черточки)	 <p>Power button: Flashing (fast) modulation - White</p> <p>Cell button: Off</p> <p>Cable light rings: Continuous On - White</p> <p>Alphanumeric display: 0.527 V PSTAT - - - -</p>

<p>Готов к измерению</p> <ul style="list-style-type: none"> • VIONIC заявлен в INTELLO, и измерение можно начать в любое время • Буквенно-цифровой дисплей показывает потенциал разомкнутой цепи (OCP). Ячейка отключена, ток через ячейку не течет (показаны четыре черточки) • Состояние по умолчанию после загрузки: PSTAT, неплавующий режим, ячейка отключена. 	<p>Power button: Continuous On - White</p> <p>Cell button: Off</p> <p>Cable light rings: Continuous On - White</p> <p>Alphanumeric display: 0.527 V, PSTAT</p>
<p>Измерение с отключенной ячейкой</p> <ul style="list-style-type: none"> • Измерение запущено в INTELLO, но ячейка не подключена в процедуре. • Буквенно-цифровой дисплей показывает потенциал разомкнутой цепи (OCP). Ячейка отключена, ток через ячейку не течет (показаны четыре черточки) 	<p>Power button: Continuous On - White</p> <p>Cell button: Off</p> <p>Cable light rings: Heartbeat (slow) modulation - White</p> <p>Alphanumeric display: 0.527 V, PSTAT</p>
<p>Измерение с подключенной ячейкой</p> <ul style="list-style-type: none"> • Измерение запущено в INTELLO, и ячейка подключена в процедуре. • Буквенно-цифровой дисплей показывает приложенные / измеряемые сигналы с соответствующими единицами 	<p>Power button: Continuous On - White</p> <p>Cell button: Continuous On - White</p> <p>Cable light rings: Heartbeat (slow) modulation - White</p> <p>Alphanumeric display: 0.237 V, 1.085 uA, PSTAT</p>

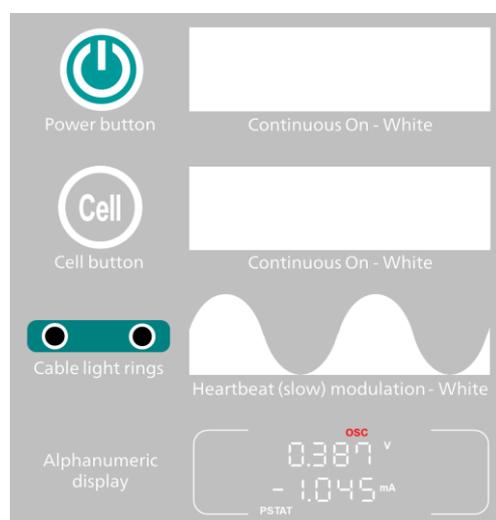
Отключение ячейки кнопкой ячейки

- Измерение запускается в INTELLO
- Пользователь отключает ячейку вручную с помощью кнопки ячейки на приборе
- На буквенно-цифровом дисплее отображается OCP и прокручивается текст «CELL OFF».
- Подключить ячейку можно только вручную с помощью кнопки ячейки



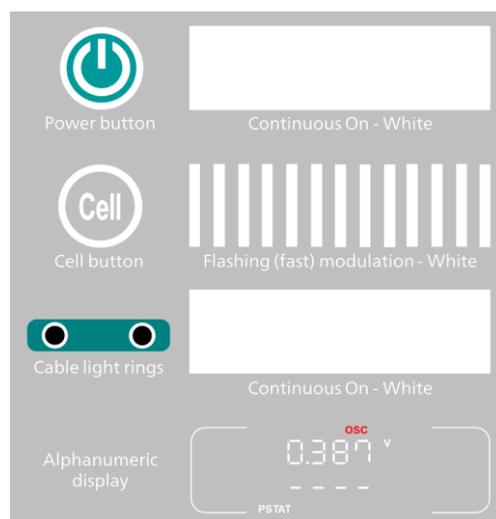
Обнаружение осцилляций

- Обнаружена осцилляция во время измерения
- Ячейка остается подключенной, и измерение продолжается.
- Буквенно-цифровой дисплей показывает приложенные/измеряемые сигналы с соответствующими единицами и красную индикацию «OSC»



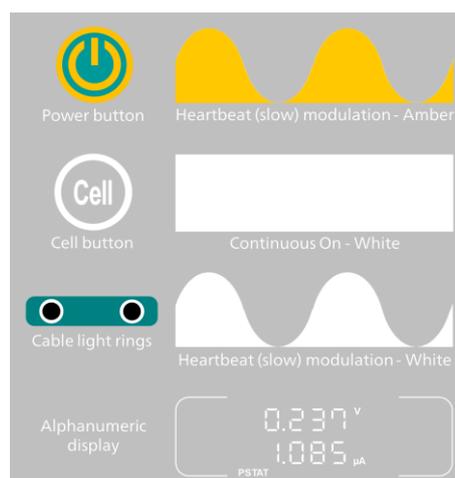
Обнаружение осцилляций и защита

- Обнаружена осцилляция во время измерения
- Ячейка отключается, и измерение прерывается
- Применяется конечное состояние, установленное в процедуре в INTELLO



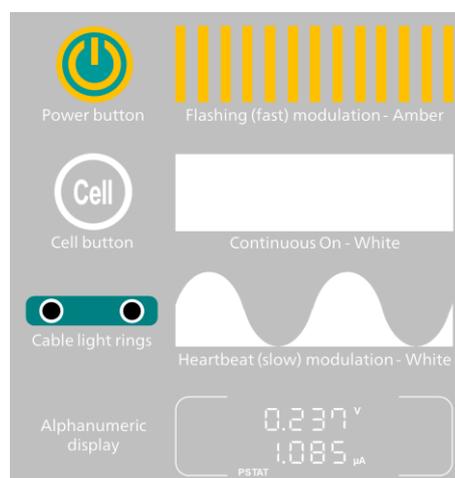
Соединение потеряно, измерение

- Соединение с компьютером потеряно из-за отвязки или отсоединения
- Измерение продолжается до тех пор, пока не потребуется вмешательство пользователя



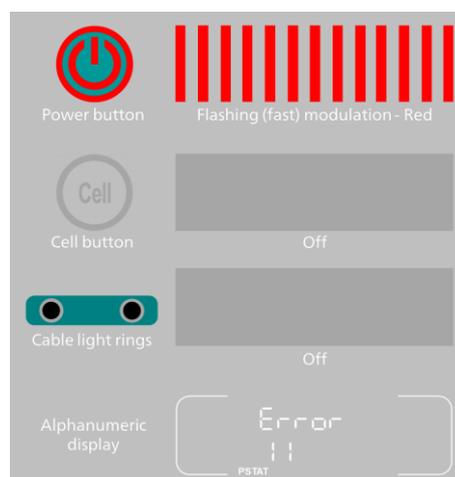
Соединение потеряно, требуется вмешательство пользователя

- Соединение с компьютером потеряно из-за отвязки или отсоединения
- Требуется вмешательство пользователя:
 - для продолжения требуется ввод данных пользователем
 - предел буфера памяти на уровне 80% или выше



Режим ошибки

- Прибор находится в режиме ошибки
- Отображается код ошибки
- Свяжитесь с местным офисом поддержки Metrohm Autolab





ИНФОРМАЦИЯ

Дополнительные сведения об индикаторах, используемых на буквенно-цифровом дисплее, можно найти в соответствующем параграфе.

4.3.2 Буквенно-цифровой дисплей

VIONIC оснащен 7-сегментным буквенно-цифровым многофункциональным светодиодным дисплеем, являющимся частью динамического интерфейса. Буквенно-цифровой дисплей показывает в режиме реального времени приложенные и измеренные значения потенциала и тока, режим работы (потенциостатический или гальваностатический, плавающий, перекрестно-плавающий или неплавающий). Кроме того, буквенно-цифровой дисплей информирует о любых перегрузках, обнаруженных во время измерения, и когда прибор находится в режиме осцилляции (т. е. контур управления вышел из-под контроля). На буквенно-цифровом дисплее имеются следующие отдельные поля:

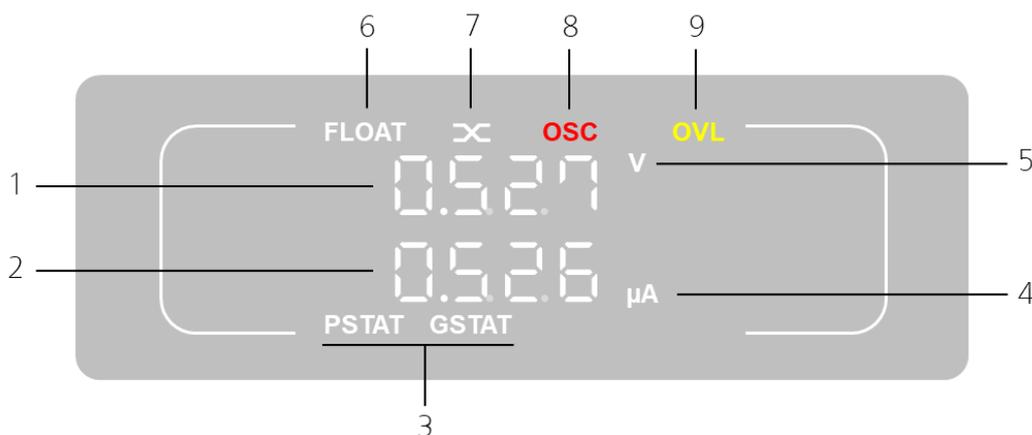


Рисунок 11. Подробный обзор числового и функционального дисплея

1. Приложенный / измеряемый потенциал

отображает в режиме реального времени значение приложенного или измеренного значения в В (или десятичных долях В).

2. Измеряемый / приложенный ток

отображает в режиме реального времени значение измеренного или приложенного тока в А (или десятичных долях А).

3. Режим инструмента

отображает режим работы прибора: потенциостатический (PSTAT) или гальваностатический (GSTAT).

4. Единицы тока

отображает единицы измеренного или приложенного токового сигнала (А или десятичные доли А).

5. Единицы потенциала

отображает единицы измеренного или приложенного сигнала потенциала (В или десятичные доли В).

6. Плавающий режим

указывает, что VIONIC работает в плавающем режиме (аналоговое заземление (AGND) отключено от заземления (EARTH)). Переключение между плавающим и неплавающим режимами выполняется в INTELLO.

7. Перекрестно-плавающий режим

указывает, что VIONIC работает в перекрестно-плавающем режиме (специальный плавающий режим, используемый для заземленных рабочих электродов (WE)). Переключение между плавающим и неплавающим режимами выполняется в INTELLO.

8. Осцилляция

указывает на колебательное состояние контура управления. Когда защита от осцилляций активирована в INTELLO, ячейка автоматически отключается.

9. Перегрузка

индикатор перегрузки (OVL) активируется схемой обнаружения перегрузки, которая является частью VIONIC. Прибор выходит из состояния перегрузки, когда сигнал более не превышает предела перегрузки.



ИНФОРМАЦИЯ

Частота обновления буквенно-цифрового дисплея составляет 500 мс.



ИНФОРМАЦИЯ

Отображаемые значения параметров и настройки являются непостоянными свойствами. Для записи и сохранения параметров и настроек необходимо использовать INTELLO.



ИНФОРМАЦИЯ

Измеряемые / приложенные значения потенциала и тока отображаются с четырьмя значащими цифрами. Единицы измерения и их десятичные доли настраиваются автоматически

4.4 Полоса пропускания: общее определение

В простых терминах полоса пропускания может быть описана как параметр, определяющий, насколько быстро прибор способен реагировать на любые изменения сигнала.

За полосу пропускания электронной схемы принимается диапазон частот (в Гц), для которого выходная амплитуда сигнала может поддерживаться на определенном пороговом значении (например, 70%) уровня входного (т. е. незатронутого) сигнала. В более практическом подходе полоса пропускания – это частоты, за пределами которых производительность системы ухудшается.

Обычно пороговое значение указывают в дБ, а типичное, широко используемое пороговое значение составляет -3 дБ, определяемое относительно максимального значения (входного сигнала).

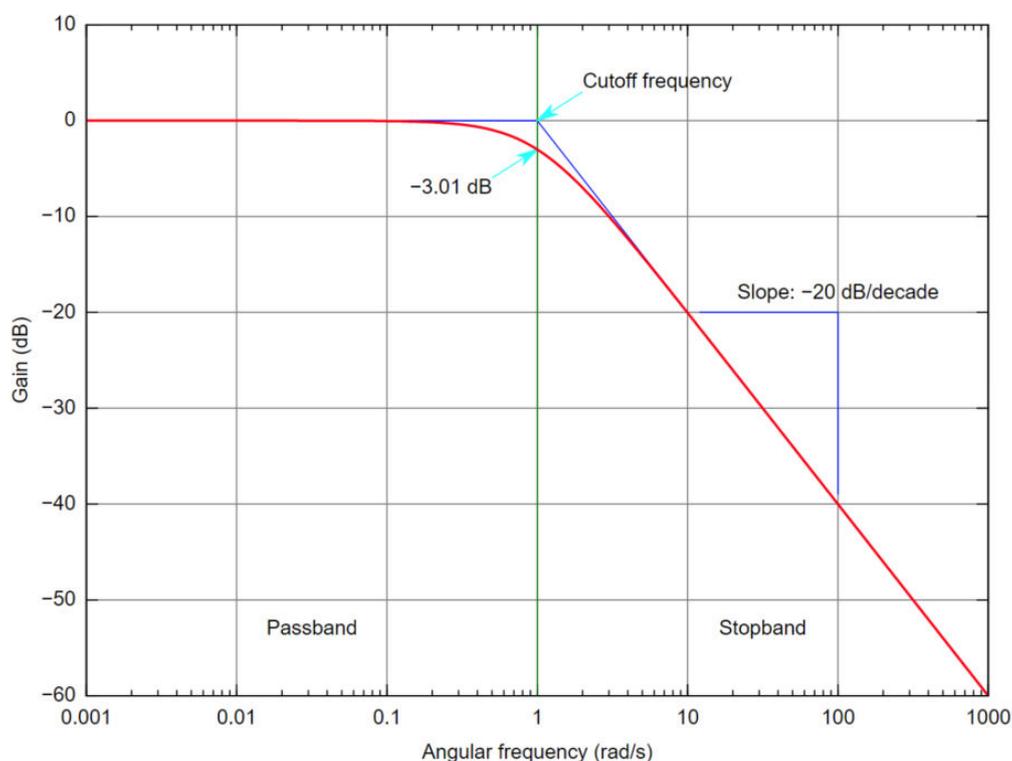


Рисунок 12. Общий пример полосы пропускания, порогового значения и затухающего сигнала.

В общем примере, показанном на рисунке выше, сигнал не подвергается воздействию до 70% значения частоты, после чего сигнал начинает затухать.

Если рассматривать затухание сигнала с наклоном 20 дБ за декаду, расчет порогового значения в процентах (%) дает:

$$10^{-\frac{\text{threshold (dB)}}{\text{decay slope (dB/decade)}}} = 10^{-\frac{3 \text{ dB}}{20 \text{ dB/decade}}} = 70\%$$

4.4.1 Полоса пропускания VIONIC

В электрохимических исследованиях очень важна скорость и стабильность измерения. Таким образом, полоса пропускания является важной характеристикой, определяющей скорость и стабильность любой электрохимической установки. Для получения достоверных экспериментальных результатов выбор оптимальных условий измерения для любого типа электрохимической ячейки и любого типа эксперимента имеет решающее значение.



ИНФОРМАЦИЯ

Важно иметь в виду, что электрохимическая ячейка всегда является частью электрохимической установки и контура управления (обратной связи) PGStat (независимо от используемых режимов измерения). Электрохимическая ячейка напрямую влияет на скорость и стабильность всей электрохимической установки. В зависимости от электрохимической системы, исследуемой в ячейке, стабильность и скорость измерения могут ограничиваться ячейкой. Например, ячейки с высокой емкостью и высоким сопротивлением будут иметь большое время отклика (т. е. высокую постоянную RC ячейки), в то время как ячейки с большой емкостью и низким сопротивлением могут вызвать проблемы со стабильностью и даже колебания, особенно когда прибор работает в режиме высокой скорости.

В этой главе представлены следующие особенности полосы пропускания VIONIC и INTELLO:

- Полоса пропускания контура управления потенциостата
- Полоса пропускания контура гальваностатического регулирования
- Выбор полосы пропускания в случае измерений электрохимического импеданса (ЭИС)

4.4.1.1 Полоса пропускания контура управления PGSTAT

Полоса пропускания контура управления PGStat (т. е. полоса пропускания прибора) показывает, насколько быстро подаваемый сигнал управляется через контур обратной связи усилителя мощности (РА).

В потенциостатическом режиме измеренное напряжение возвращается в контур управления PGStat и усилитель мощности, так что напряжение между электродом сравнения (RE) и измерительным электродом (S) остается постоянным. В гальваностатическом режиме ток подается обратно в контур управления PGStat и усилитель мощности, так что ток, протекающий через ячейку между рабочим электродом (WE) и вспомогательным электродом (CE), остается постоянным.

Более высокая полоса пропускания означает, что в приборе используется более быстрый контур управления (более быстрая обратная связь). Как следствие, подаваемый сигнал быстрее достигает желаемого заданного значения, и в идеальных условиях выходной сигнал будет идентичен теоретической форме волны. Однако *в зависимости от свойств электрохимической ячейки,*

подключенной к прибору, подаваемый сигнал может выйти за установленные пределы, а в экстремальных случаях контур обратной связи прибора может выйти из-под контроля, что приведет к колебаниям потенциостата.

Установка **более низкой полосы пропускания** повышает общую стабильность PGstat за счет снижения скорости контура управления. Следствием этого является то, что при очень высоких скоростях измерения выходной сигнал может быть немного менее точным (медленная скорость нарастания). Тем не менее, для экспериментов, которые не требуют очень малой временной развертки (т. е. высокоскоростных измерений), рекомендуется использовать прибор с установкой более низкой полосы пропускания, что позволяет получать очень точные экспериментальные результаты.

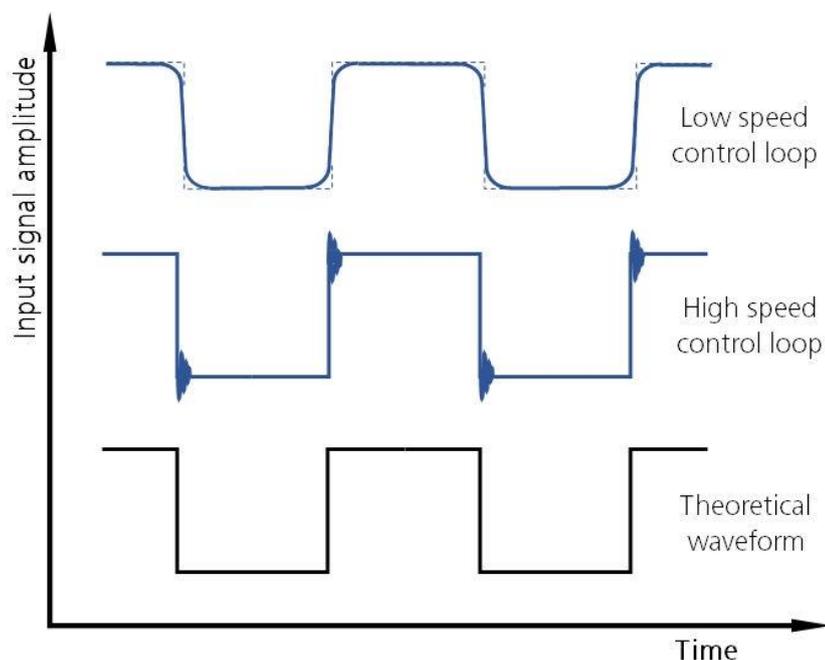


Рисунок 13. Графическая иллюстрация результирующих сигналов по сравнению с теоретическими, когда контур управления PGSTAT установлен в режимы более высокой и более низкой скорости.

В VIONIC доступны три полосы пропускания контура управления:

- 10 кГц – высокая стабильность – рекомендуется, когда при измерениях используются интервалы дискретизации более 100 мкс
- 100 кГц – быстрая – рекомендуется, когда при измерениях используются интервалы дискретизации от 10 мкс до 100 мкс.
- 1 МГц – сверхбыстрая – рекомендуется, когда при измерениях используются интервалы дискретизации менее 10 мкс

Полоса пропускания контура управления прибора VIONIC может быть установлена в INTELLO.

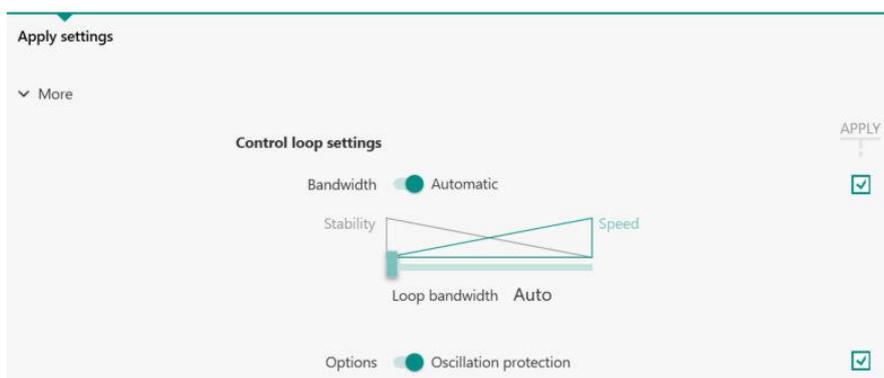


Рисунок 14. Выбор полосы пропускания в команде «Настройки приложения» в INTELLO

Когда включен *автоматический* выбор полосы пропускания, оптимальная полоса пропускания контура управления выбирается автоматически на основе параметров измерения, установленных в процедуре.

Полоса пропускания PGSTAT также может быть установлена вручную, если этого требуют эксперименты. В этом случае пользователь может выбирать между скоростью и стабильностью измерения. Как правило, приведенная ниже корреляция между полосой пропускания контура управления и интервалом дискретизации (или временной развертки измерения) помогает обеспечить высочайшую точность приложенного и измеренного сигнала (т. е. отсутствие искажений формы сигнала относительно используемой временной развертки):

$$PGSTATBW \geq \frac{1}{\text{Sampling Interval}}$$



ИНФОРМАЦИЯ

Выбор полосы пропускания контура управления является частью команды «Применить настройки» в INTELLO. По умолчанию для параметра полосы пропускания PGSTAT установлено значение «Автоматически». Дополнительные сведения см. в специальной главе, в которой представлены сведения о команде «Применить настройки».

Для более быстрых измерений может потребоваться установка более широкой полосы пропускания, но риск возникновения колебаний также выше по сравнению с работой в режимах с более узкой полосой пропускания. Особенно это касается электрохимических ячеек с высокой емкостью. В этом режиме работы существует значительный риск возникновения колебаний, и, кроме того, шум в измеренных сигналах потенциала и тока будет выше по сравнению с измерениями, выполненными с выбранной более узкой полосой пропускания.



ИНФОРМАЦИЯ

Сверхбыстрая ПОЛОСА пропускания (1 МГц) необходима только в экспериментах, где интервал дискретизации меньше 10 мкс.



ИНФОРМАЦИЯ

Чем выше полоса пропускания, тем выше шум и вероятность колебаний.

При работе с высокой полосой пропускания необходимо обратить внимание на адекватное экранирование разъемов ячейки и электродов. В этих случаях рекомендуется использовать клетку Фарадея.

Использование высокоимпедансного электрода сравнения (RE) (например, электрода сравнения с двойным солевым мостиком, солевого мостика с фриттой) в сочетании с высокой полосой пропускания контура управления может привести к нестабильности PGstat и даже к колебаниям. Рекомендуется использовать опцию *защиты от колебаний*.



ИНФОРМАЦИЯ

Когда VIONIC работает в гальваностатическом режиме, полоса пропускания контура управления ограничивается полосой пропускания используемой цепи измерения тока (т. е. диапазон тока).

4.4.1.2 Полоса пропускания текущих диапазонов

VIONIC измеряет токовый отклик электрохимической ячейки (в потенциостатическом режиме) и контролирует величину приложенного тока (в гальваностатическом режиме) с помощью специальных датчиков тока. Для достижения наилучшей чувствительности и разрешения измерения используются отдельные датчики тока в зависимости от величины измеряемого тока. Когда в программном обеспечении выбран определенный *диапазон тока*, для измерения будет использоваться соответствующая схема измерения тока.

Выбор диапазона тока, который используется во время измерения, может быть сделан *автоматически* VIONIC и INTELLO, или он может быть выбран пользователем *вручную*.

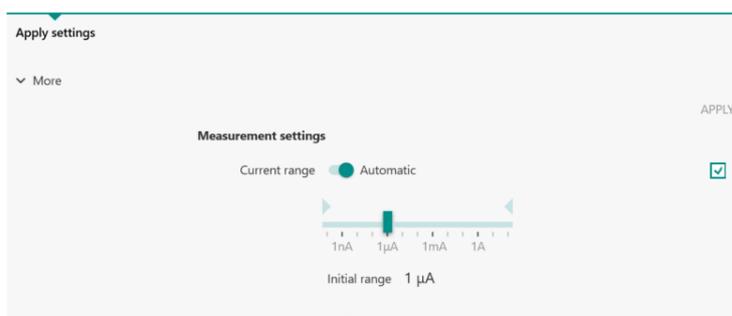


Рисунок 15. Автоматический выбор диапазона тока в команде «Применить настройки» в INTELLO

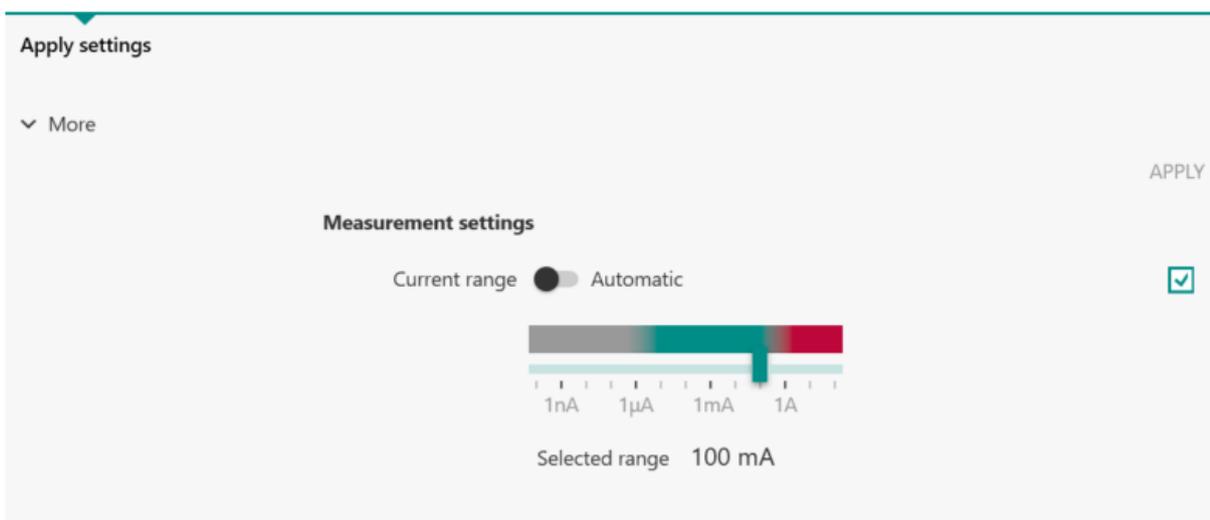


Рисунок 16. Ручной выбор диапазона тока в команде «Применить настройки» в INTELLO

Когда для выбора диапазона тока установлено значение «Автоматически» в потенциостатическом режиме, VIONIC и INTELLO выбирают оптимальную схему измерения тока для измерения на основе величины измеряемого тока и используемого интервала выборки. Если приложение требует использования *ручного* выбора диапазона тока, нужный датчик тока можно выбрать в INTELLO, отключив автоматический выбор диапазона тока и выбрав датчик тока, наиболее подходящий для измерения.



ИНФОРМАЦИЯ

Использование *автоматического* диапазона тока настоятельно рекомендуется для измерений, проводимых в потенциостатическом режиме.



ИНФОРМАЦИЯ

В гальваностатическом режиме использование автоматического выбора диапазона тока невозможно. Ручной выбор соответствующего диапазона тока необходим до подачи соответствующего тока на ячейку.

Каждая схема датчика тока (которая соответствует диапазону тока) имеет определенную полосу пропускания (время отклика). Следовательно, для получения точных результатов, что особенно важно для быстрых экспериментов с временным разрешением, полоса пропускания текущего диапазона не должна быть лимитирующим фактором для временного отклика (скорости) измерения. Это становится более важным, когда для измерения выбираются датчики тока с меньшей полосой пропускания (диапазоны низкого тока).

Максимальная полоса пропускания для каждого датчика тока и соответствующий диапазон тока представлены в таблице ниже.

Таблица 4. Максимальная полоса пропускания диапазонов тока (датчиков тока)

Диапазон тока	Полоса пропускания
1 нА	140 Гц
10 нА	140 кГц
100 нА	1.4 кГц
1 мкА	14 кГц
10 мкА	140 кГц
100 мкА	300 кГц
1 мА	1.5 МГц
10 мА	11 МГц
100 мА	11 МГц
1 А	3 МГц
10 А	3 МГц



ИНФОРМАЦИЯ

Важно иметь в виду, что электрохимическая ячейка всегда является частью электрохимической установки и контура управления (обратной связи) PGstat (независимо от используемых режимов измерения). Электрохимическая ячейка напрямую влияет на скорость и стабильность всей электрохимической установки. В зависимости от электрохимической системы, исследуемой в ячейке, стабильность и скорость измерения могут ограничиваться ячейкой. Например, ячейки с высокой емкостью и высоким сопротивлением будут иметь большое время отклика (т. е. высокую постоянную RC ячейки), в то время как ячейки с большой емкостью и низким сопротивлением могут вызвать проблемы со стабильностью и даже колебания, особенно когда прибор работает в режиме высокой скорости. Постоянная времени ячейки является исключительным свойством ячейки и НЕ зависит от прибора.

4.4.1.3 Выбор полосы пропускания в случае измерения электрохимического импеданса (EIS)

В случае измерений с помощью спектроскопии электрохимического импеданса (EIS) к электрохимической ячейке применяется частотное сканирование сигнала переменного тока, а отклик переменного тока измеряется и анализируется. Очевидно, что для измерения отклика электрохимического процесса в ячейке как прикладываемая, так и измеряемая частота переменного тока не могут быть ограничены какими-либо ограничениями полосы пропускания прибора.

С точки зрения VIONIC и INTELLO, для измерений EIS выбор полосы пропускания контура управления выполняется автоматически, если он включен в команде «Применить настройки» в INTELLO. В этом случае всегда будет использоваться оптимальная полоса пропускания в зависимости от применяемого диапазона частот EIS.

Для измерений EIS на более высоких частотах (т. е. выше 1 МГц) для сигналов переменного тока автоматически используется специально разработанный высокоскоростной тракт.



ИНФОРМАЦИЯ

В команде сканирования частоты EIS можно оптимизировать измерение EIS по скорости и качеству. Этот параметр HE относится к выбору полосы пропускания, а скорее к настройкам, специфичным для EIS, таким как время интегрирования. Если выбрана более высокая скорость, используется меньшее время интегрирования. Если выбрано более высокое качество, для сигналов переменного тока используется более длительное время интегрирования.

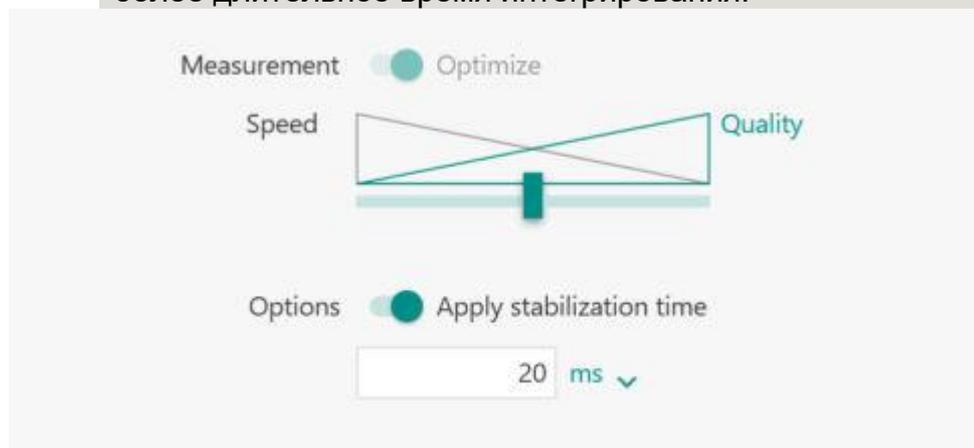


Рисунок 17. Опция оптимизации измерения EIS в команде сканирования частоты EIS. Эта опция НЕ связана с выбором полосы пропускания.

4.4.2 Входное сопротивление и стабильность

В реальной жизни сигнал напряжения должен буферизоваться усилителем, чтобы защитить ячейку от токов утечки. Кроме того, любой реальный усилитель имеет паразитное сопротивление, включая емкостное. Следовательно, вход повторителя напряжения (VF) также содержит небольшую емкостную нагрузку.

При работе в потенциостатическом режиме, если емкостная часть импеданса между CE и RE в электрохимической ячейке сравнительно больше, чем входная емкость повторителя напряжения, будет наблюдаться фазовый сдвиг между выходным сигналом усилителя и сигналом, который возвращается к усилителю. Когда этот фазовый сдвиг превышает определенный порог, это может привести к проблемам нестабильности.

Если импеданс между CE и RE в ячейке изменить нельзя и наблюдаются осцилляции, рекомендуется выбирать *более низкую полосу пропускания для контура управления PGSTAT*. Таким образом повышается стабильность системы. В целом, использование более низкой полосы пропускания приводит к более

стабильному контуру управления по сравнению со случаем, когда используется высокая и очень высокая полоса пропускания управления PGSTAT.

Чтобы использовать всю полосу пропускания потенциостата, импеданс между СЕ и РЕ в электрохимической ячейке должен быть ниже 35 кОм. Это значение получено путем тестирования. В гальваностатическом режиме большой импеданс между СЕ и РЕ обычно не приводит к проблемам со стабильностью из-за регулирования обратной связи по току.

4.5 График мощности

Электрическая мощность (P , измеряемая в ваттах) чаще всего определяется как произведение напряжения (V в вольтах) на силу тока (i в амперах). Мощность, производимая электрическим током (т. е. зарядом в единицу времени), равна:

$$P = i \times V = \frac{V \times Q}{t}$$

График мощности – двумерное представление максимального тока и напряжения, которые применяются или измеряются в определенный момент времени.

В случае электрохимических приложений и приборов график мощности дает непосредственное представление о *максимальной мощности*, которая может быть *подведена к ячейке* (для пассивных электрохимических ячеек) и *максимальной мощности*, которая может быть *рассеяна из ячейки* (для активных электрохимических ячеек). показывающий общий обзор диапазона мощностей, в котором усилитель мощности прибора способен работать в безопасных условиях.



ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание на разницу между **графиком мощности** и **требованиями к мощности**:

График мощности показывает мощность, которая может быть подведена к электрохимической ячейке или рассеяна прибором (через кабели ячейки).

Требования к мощности (обычно указанные на этикетке прибора) указывают на потребляемую электрическую мощность, когда прибор включен и работает. Это мощность, отдаваемая электросетью.

4.5.1 Распределенная мощность

Одним из важных условий для достижения наиболее точных экспериментальных результатов является наилучшее соответствие характеристик используемого прибора требованиям и особенностям эксперимента и приложения. Другими словами, используйте *правильный инструмент для вашей задачи*. Для этого прибор VIONIC имеет распределенную мощность, обеспечивающую максимальную мощность и наилучшую точность для каждого типа электрохимических ячеек.

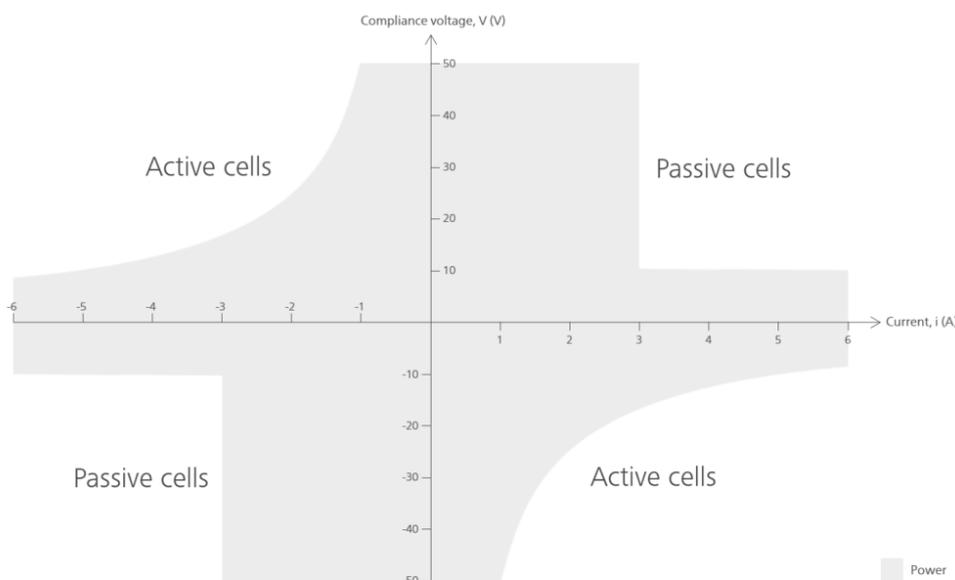


Рисунок 18. График мощности VIONIC, показывающий области, относящиеся к пассивным и активным электрохимическим ячейкам.

VIONIC может работать, когда общая мощность, подаваемая на *пассивные* электрохимические ячейки или рассеиваемая от *активных* электрохимических ячеек, находится в пределах заштрихованной области графика мощности.

4.5.2. Пассивные электрохимические ячейки

В электрохимии **пассивные ячейки** представляют собой «типичные», обычные электрохимические ячейки, для которых контролируют потенциал или ток рабочего электрода, чтобы проводить и контролировать электрохимический процесс в ячейке. Пассивная ячейка «потребляет» электроэнергию, поставляемую PGSTAT, и эта мощность фактически преобразуется в энергию, которая вызывает электрохимические реакции в ячейке. Следовательно, в этом случае мощность, подаваемая PGSTAT, положительна, что означает, что и ток, и потенциал в ячейке имеют одинаковый знак, как показано на графике мощности. Общая мощность, выдаваемая усилителем мощности PGSTAT, определяется произведением общего напряжения ячейки (приложенного или измеренного) и измеренного/приложенного тока.



ИНФОРМАЦИЯ

Общее напряжение ячейки – это общее напряжение, приложенное к ячейке между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE) для достижения заданного пользователем *приложенного напряжения* между рабочим электродом (WE) и электродом сравнения (RE). Общее напряжение ячейки ограничено напряжением соответствия PGSTAT.

Подаваемый или измеряемый ток представляет собой общий ток, протекающий между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE). Подаваемый и измеряемый ток ограничен максимальным током PGSTAT.

Как показывает график мощности, VIONIC имеет распределенную мощность между *высоким напряжением соответствия* и *высоким током*. Это позволяет использовать VIONIC в самых разных приложениях с различными требованиями к мощности.

▪ **High Compliance mode (Режим высокого соответствия)** – VIONIC можно установить в режим высокого соответствия, когда в экспериментах используются непроводящие (или имеющие высокое сопротивление) электролиты и электрохимические ячейки, и/или изучаемый электрохимический процесс имеет относительно низкое сопротивление переносу заряда. В этом случае максимальная отдаваемая мощность составляет 150 Вт. Некоторыми типичными примерами экспериментов, когда VIONIC следует использовать в режиме высокого соответствия, являются: электрохимия в органических электролитах, коррозия в маслах и бетоне, электролиз и т. д. В этом случае максимальное напряжение соответствия, максимальный приложенный и измеренный ток и максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала таковы:

- Диапазон напряжения соответствия: ± 50 В
- Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 3 А
- Максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала: ± 10 В

▪ **High accuracy mode (Режим высокой точности)** - VIONIC может быть установлен в режим высокой точности, когда в экспериментах используются проводящие (или низкоомные) электролиты и электрохимические ячейки и/или исследуемый электрохимический процесс имеет относительно высокое сопротивление переносу заряда. Некоторыми типичными примерами экспериментов, когда VIONIC следует использовать в режиме высокой точности, являются: электрохимия в водных кислых или основных электролитах, коррозия в морской воде, исследования накопления и генерации энергии и т. д. В этом случае максимальное напряжение соответствия, максимальное приложенный и измеренный ток, а также максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала таковы:

- Диапазон напряжения соответствия: ± 10 В
- Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 6 А
- Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 10 В

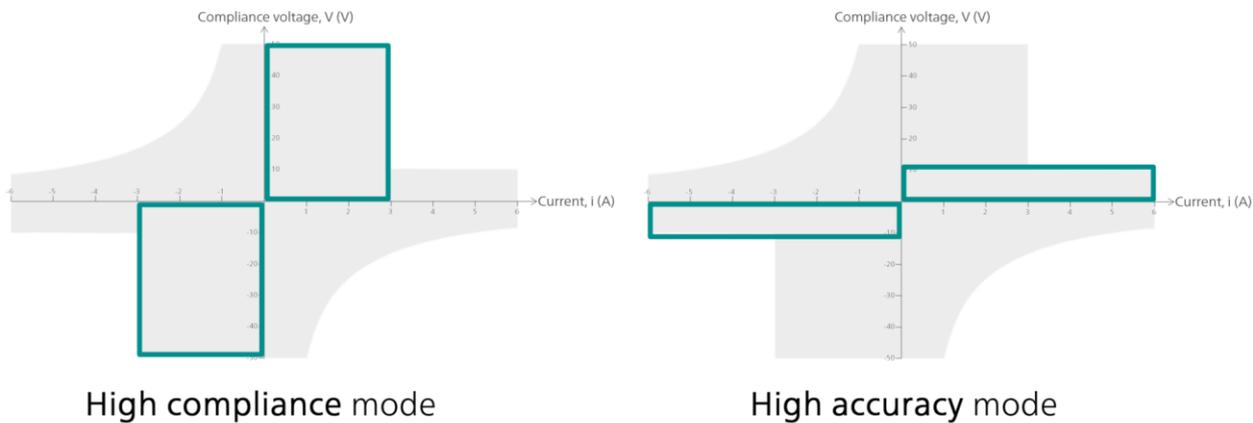


Рисунок 19. Область высокого соответствия и высокой точности на графике мощности VIONIC



ИНФОРМАЦИЯ

Если во время электрохимического измерения достигается предел напряжения соответствия, на динамическом интерфейсе загорается желтая индикация OVL. В этом случае необходимо использование режима высокого соответствия или, если он уже используется, необходимо оптимизировать электрохимическую ячейку. Для получения дополнительной информации и пояснений о напряжении соответствия, других спецификациях и параметрах, которые могут влиять на электрохимические приборы, см. дополнительную документацию на сайте www.metrohm.com/electrochemistry или обратитесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab.



ИНФОРМАЦИЯ

Разница между режимом высокого соответствия и режимом высокой точности

Точность приложенного / измеряемого значения потенциала всегда одинакова.

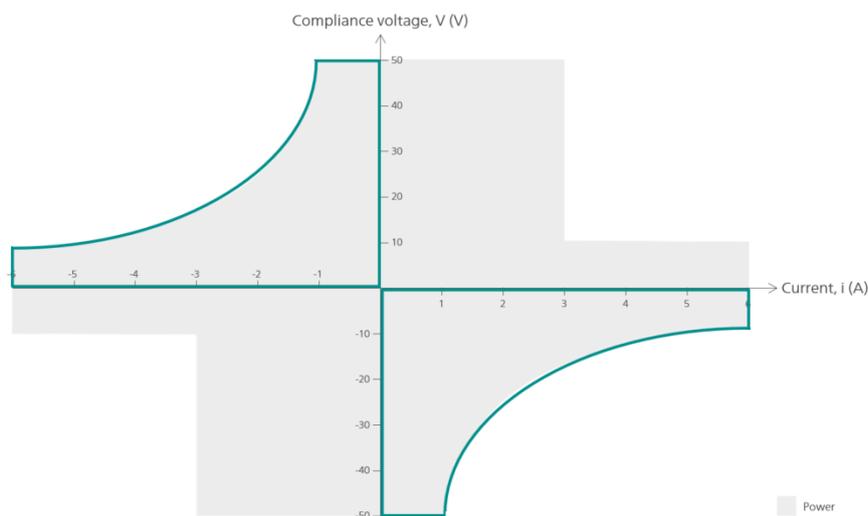
При использовании режима **высокой точности** общее управление электрохимической ячейкой происходит быстрее и точнее. Основное различие между режимом **высокой точности** и режимом **высокого соответствия** является следствием дополнительного усиления, которое необходимо использовать для режима высокого соответствия, когда диапазон напряжения расширяется от ± 10 В (режим высокой точности) до ± 50 В (режим высокого соответствия). Следовательно, поскольку при работе VIONIC в режиме высокой точности используется меньшее усиление, в сигнале будет меньше общего шума, управление ячейкой будет быстрее, а при подаче сигнала на ячейку будет меньше звона и перерегулирования.

Важно всегда выбирать настройки прибора в соответствии с требованиями эксперимента. Использование режима высокой точности рекомендуется всегда, когда не требуется высокое соответствие.

4.5.3 Активные электрохимические ячейки

В случае **активных ячеек** электрохимический процесс в ячейке является самопроизвольным, и *ячейка вырабатывает мощность*, которая должна быть рассеяна PGSTAT. В этом случае мощность, рассеиваемая PGSTAT, отрицательна, что означает, что ток и потенциал в ячейке имеют противоположные знаки, как показано на рисунке, представляющем график мощности VIONIC. Общая мощность, которая должна рассеиваться усилителем мощности PGSTAT, определяется произведением *общего напряжения ячейки* на *измеренный (отдаваемый) ток* и ограничивается конструкцией электроники PGSTAT и радиатором электроники.

Некоторыми распространенными примерами активных ячеек, которые могут отдавать значительное количество энергии, являются устройства накопления энергии, измерения на топливных элементах в рабочем состоянии или другие устройства для выработки энергии.



Active electrochemical cells

Рисунок 20. Область активной ячейки на графике мощности VIONIC

Как показано на графике мощности VIONIC, при подключении активных ячеек VIONIC может рассеивать до 50 Вт (при 25 °C).

Активные ячейки, демонстрирующие абсолютное напряжение $|V_{Cell}|$ менее 8 В между рабочим электродом (WE) и вспомогательным электродом (CE), являются безопасными. Они могут довести VIONIC до предела по току, но не перегрузят усилитель мощности.

Активные ячейки, которые имеют абсолютное напряжение выше 8.3 В между рабочим (WE) и вспомогательным электродом (CE), могут отдавать только максимальный ток, i_{MAX} , определяемый по формуле:

$$i_{MAX} = \frac{P_{MAX}}{|V_{Cell}|} = \frac{50W}{|V_{Cell}|}$$

Температурная перегрузка

При достижении максимального предела рассеиваемой мощности силовая электроника VIONIC может перегреться. В этом случае сработает схема защиты от перегрузки по температуре для защиты силовой электроники прибора.

Во время температурной перегрузки на динамическом интерфейсе прибора загорится красная индикация T_{OVL} , и электрохимическая ячейка будет автоматически изолирована (т. е. автоматически отключена) от VIONIC в целях безопасности. Процедура измерения также будет остановлена. При возникновении температурной перегрузки (T_{OVL}) работу с VIONIC можно восстановить только после полной перезагрузки прибора.



ИНФОРМАЦИЯ

Поскольку рассеивание мощности осуществляется путем преобразования мощности в тепло, максимальная рассеиваемая мощность зависит от рабочей (окружающей) температуры VIONIC.



ИНФОРМАЦИЯ

VIONIC должен быть установлен в режим высокого соответствия, чтобы обеспечить максимальную рассеиваемую мощность.



ИНФОРМАЦИЯ

Максимальное входное напряжение

Максимальный диапазон напряжения, который можно измерить с помощью VIONIC, составляет ± 10 В. Дифференциальный электрометр VIONIC содержит схему защиты входа, которая активируется, когда измеренное напряжение выходит за пределы интервала ± 10 В. Это реализовано, чтобы избежать повреждения электрометра. Имейте в виду, что индикатор OVL в динамическом интерфейсе не загорается при таком типе перегрузки по напряжению. Измеренное напряжение будет отсечено при абсолютном значении ± 10 В.



ВНИМАНИЕ

При использовании мощных активных ячеек не пытайтесь рассеивать мощность более 50 Вт с помощью VIONIC. Когда используются активные ячейки, всегда используйте их при мощности ниже 50 Вт.

Всегда подключайте электрохимическую ячейку или тестируемое устройство к правильным коннекторам (кабелям ячейки) VIONIC.

В случае каких-либо сомнений обратитесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab за дальнейшими инструкциями по подключению и установке электрохимической ячейки.

4.6 Второй сенсор (S2)

Функциональность второго сенсора (S2) позволяет измерять второе напряжение относительно электрода (RE) сравнения в пределах той же электрохимической ячейки.

Второе напряжение измеряется дополнительным повторителем напряжения, входящим в состав VIONIC.

Чтобы подключить второй сенсор (S2) к электрохимической ячейке, адаптивный кабель с маркировкой S2 необходимо подключить к соответствующему разъему на мосту Pure signal и к соответствующему электроду в электрохимической ячейке.



Рисунок 21. Разъем второго сенсора (S2) на буферной коробке моста Pure signal



ИНФОРМАЦИЯ

Подробнее о маркировке и разъемах моста Pure signal см. в специальной главе, посвященной мосту Pure signal и адаптивным кабелям.



ИНФОРМАЦИЯ

Стандартный коннектор ячейки адаптивного кабеля второго сенсора (S2) представляет собой 4 мм штекер «банан». Опционально доступны различные типы коннекторов ячеек. Для получения дополнительной информации см. специальную главу с описанием дополнительных адаптивных кабелей.

Измеряемые потенциалы

В INTELLO доступны два измеряемых потенциала:

- *WE.Potential* измеряется главным повторителем напряжения и определяется как:
 $WE.Potential = S - RE$
 т. е. разность потенциалов между электродом сравнения (RE) и сенсором (S).
- *S2.Potential* измеряется вторым повторителем напряжения и определяется как:
 $S2.Potential = S2 - RE$
 т. е. разность потенциалов между электродом сравнения (RE) и вторым сенсором (S2).

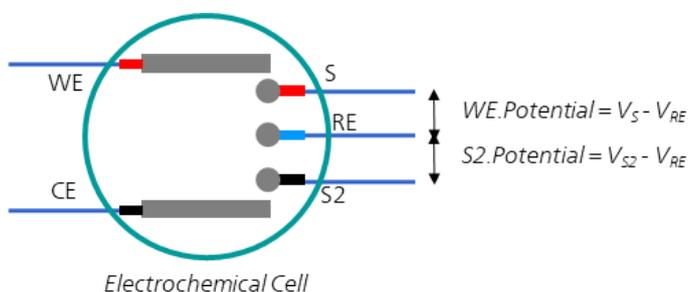


Рисунок 22. Схема электрохимической ячейки с 5 подключениями и определения двух измеренных сигналов потенциала: *WE.Potential* и *S2.Potential*



ИНФОРМАЦИЯ

Благодаря тому, что второй повторитель напряжения, который используется для измерения напряжения между вторым сенсором (S2) и электродом сравнения (RE), гальванически изолирован от земли, измерения вторым сенсором (S2) возможны независимо от установки VIONIC в плавающем или неплавающем режиме.



ИНФОРМАЦИЯ

Второй сенсор (S2) с дополнительным повторителем напряжения является частью истинного параллельного сбора данных. Для получения более подробной информации о втором сенсоре (S2) и втором повторителе как части общей блок-схемы VIONIC см. соответствующий раздел *Блок-схема*.



ИНФОРМАЦИЯ

Второй сенсор (S2) может только измерять потенциалы относительно электрода сравнения (RE). В электрохимической ячейке невозможно применить или контролировать второй потенциал.

4.6.1 Второй сенсор (S2), подключенный к вспомогательному электроду (CE)

Функциональность второго сенсора (S2), вероятно, чаще всего используется с вторым сенсором (S2), подключенным к вспомогательному электроду (CE). В этом случае второй сенсор (S2) будет контролировать напряжение вспомогательного электрода (CE) относительно электрода сравнения (RE). Конфигурация ячейки может быть стандартной конфигурацией с тремя или четырьмя электродами.

Конфигурация с тремя электродами

Эта экспериментальная конфигурация полезна для мониторинга вторичных электрохимических процессов на вспомогательном электроде (CE) одновременно с основным электрохимическим процессом на рабочем электроде (WE) при использовании типичной трехэлектродной конфигурации.

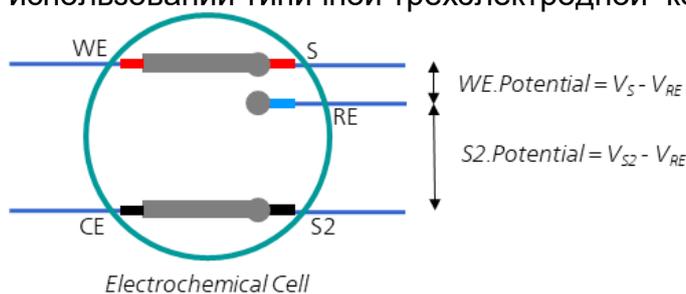


Рисунок 23. Электрохимическая ячейка в трехэлектродной конфигурации с S2, подключенным к CE.

Типичные примеры измерений:

- Регистрация потенциала на вспомогательном электроде (CE) относительно электрода сравнения (RE): $S2.Potential$
- Регистрация общей разности потенциалов между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE): $S2.Potential - WE.Potential$
- Одновременные измерения электрохимического импеданса на вспомогательном (CE) и рабочем электродах (WE) (анод и катод) (при наличии в составе электрохимической ячейки автономного электрода сравнения)

Конфигурация с четырьмя электродами

Этот тип электрохимических ячеек используется для исследования процессов через мембраны или границы раздела жидкость-жидкость.

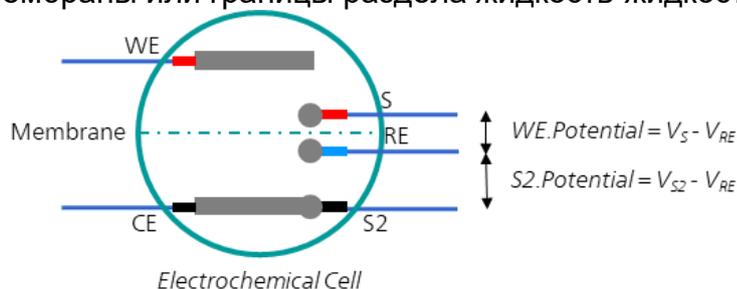


Рисунок 24. Электрохимическая ячейка в четырехэлектродной конфигурации с S2, подключенным к CE.

Типичные примеры измерений:

- Регистрация потенциала на вспомогательном электроде (CE) относительно электрода сравнения (RE): $S2.Potential$
- Регистрация общей разности потенциалов между вспомогательным электродом (CE) и сенсором (S): $S2.Potential - WE.Potential$
- Одновременные измерения электрохимического импеданса между вспомогательным электродом (CE) относительно электрода сравнения (RE) и сенсором (S) относительно электрода сравнения (RE)



ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание, что в случае конфигурации ячейки с четырьмя электродами сенсор (S) не подключен к рабочему электроду (WE). $WE.Potential$ **всегда** представляет собой разность потенциалов между сенсором (S) и электродом сравнения (RE).

Когда сенсор (S) не подключен к рабочему электроду (WE), разность $S2.Potential - WE.Potential$ **не будет** ни разностью напряжений между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE), ни разностью напряжений между вторым сенсором (S2) и рабочим электродом (WE). (Помните, что $WE.Potential$ измеряется между RE и S)

4.6.2 Второй сенсор (S2) в качестве автономного датчика в ячейке

Второй сенсор (S2) можно использовать для контроля разности потенциалов между любой точкой электрохимической ячейки и электродом сравнения (RE). В этом случае второй сенсор (S2) не подключен к вспомогательному электроду (CE).

Эта экспериментальная конфигурация полезна для наблюдения за разностью потенциалов через мембраны или между четко определенными точками в электрохимической ячейке. Конфигурация ячейки может быть стандартной конфигурацией с тремя или четырьмя электродами. В этом случае второй сенсор (S2) подключается к дополнительному датчику (электроду) в электрохимической ячейке.

Трехэлектродная конфигурация с автономным вторым сенсором (S2)

Эта экспериментальная конфигурация позволяет контролировать дополнительную разность потенциалов относительно электрода сравнения (RE) одновременно с потенциалом основного электрохимического процесса на рабочем электроде (WE).

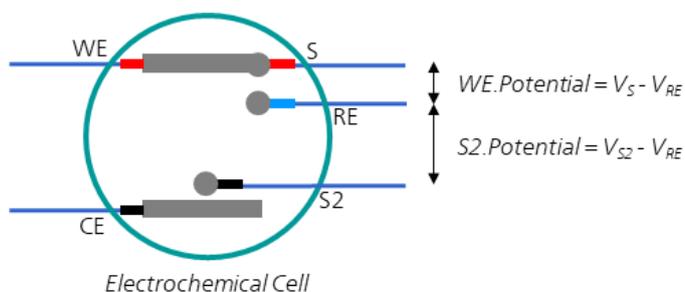


Рисунок 25. Электрохимическая ячейка в трехэлектродной конфигурации с S2 в качестве отдельного датчика в ячейке.

Типичные примеры измерений:

- Регистрация дополнительной разности напряжений в электрохимической ячейке относительно электрода сравнения (RE): *S2.Potential*
- Одновременные измерения электрохимического импеданса (EIS) между вторым сенсором (S2) относительно электрода сравнения (RE) и сенсором (S) относительно электрода сравнения (RE) в одной и той же электрохимической ячейке (ячейки с мембранами или границами раздела жидкость-жидкость)

Четырехэлектродная конфигурация с автономным вторым сенсором (S2)

Эти типы конфигураций электрохимических ячеек используются для исследования процессов через мембраны или границы раздела жидкость-жидкость.

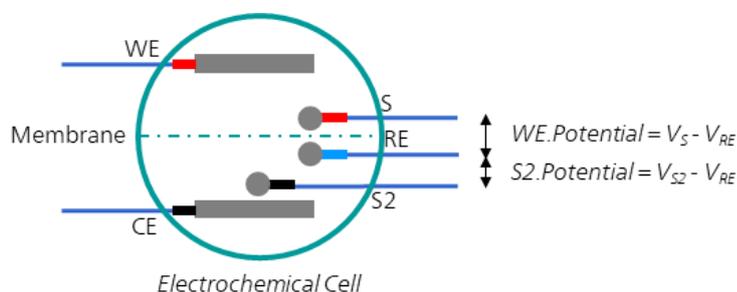


Рисунок 26. Электрохимическая ячейка в четырехэлектродной конфигурации с S2 в качестве отдельного датчика в ячейке.

Типичные примеры измерений:

- Регистрация дополнительной разности напряжений в электрохимической ячейке относительно электрода сравнения (RE): *S2.Potential*
- Одновременные измерения электрохимического импеданса (EIS) между вторым сенсором (S2) относительно электрода сравнения (RE) и сенсором (S) относительно электрода сравнения (RE) в одной и той же электрохимической ячейке (ячейки с мембранами или границами раздела жидкость-жидкость)



ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание, что в случае конфигурации ячейки с четырьмя электродами сенсор (S) не подключен к рабочему электроду (WE). *WE.Potential* **всегда** представляет собой разность потенциалов между сенсором (S) и электродом сравнения (RE).

Когда сенсор (S) не подключен к рабочему электроду (WE), разность *S2.Potential - WE.Potential* **не будет** ни разностью напряжений между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE), ни разностью напряжений между вторым сенсором (S2) и рабочим электродом (WE). (Помните, что *WE.Potential* измеряется между RE и S)

4.7 Подробные технические характеристики VIONIC

Выбранные характеристики VIONIC под управлением INTELLIO представлены в таблицах ниже.

Указанные значения являются типичными значениями, которые достигаются в оптимальных рабочих условиях при 25 °C. Технические характеристики могут быть изменены без предварительного уведомления.

Не модифицируйте адаптивные кабели и не используйте дополнительные кабели для подключения к электрохимической ячейке. Оригинальные адаптивные кабели разработаны для наилучшей работы. Модификации этих соединений другими разъемами, приведут к потере гарантии.

Напряжение соответствия, приложенный потенциал и ток

Параметр	Спецификация
Напряжение соответствия	±50 В
Максимальный приложенный потенциал	±10 В
Максимальный приложенный ток	±6 А (соответствие ±10 В) ±3 А (соответствие ±50 В)
Приложенный потенциал: точность	±0.2% установленного значения ±2 мВ
Приложенный потенциал: разрешение	100 мкВ
Приложенный ток: точность (диапазон 10 нА или выше)	±0.2% установленного значения ±0.2% диапазона тока

Параметр	Спецификация
Приложенный ток: разрешение (диапазон тока 10 нА)	0.2 пА
Время нарастания (типично)	200 нс
Максимальная полоса пропускания контура управления (типичная)	10 кГц / 100 кГц / 1 МГц, по выбору

Измеряемый потенциал ($V_S - V_{RE}$)

Параметр	Спецификация
Максимальный измеряемый потенциал	± 10 В
Измеряемый потенциал: Точность	$\pm 0.2\%$ сигнала ± 2 мВ
Измеряемый потенциал: Разрешение (разрешение АЦП)	100 мкВ
Измеряемый потенциал: Разрешение (система, сигналы постоянного тока)	1.5 мкВ (24-bit)
Измеряемый потенциал: Разрешение (система, сигналы переменного тока, <20 Гц)	12 нВ
Входной импеданс электрометра	>1 ТОм
Полоса пропускания электрометра (-3 дБ)	>10 МГц

Измеряемый потенциал - второй сенсор ($V_{S2} - V_{RE}$)

Параметр	Спецификация
Максимальный измеряемый потенциал S2	± 50 В
Измеряемый потенциал S2: Точность	$\pm 0.3\%$ сигнала ± 5 мВ
Измеряемый потенциал S2: Разрешение (разрешение АЦП)	2 мВ
Измеряемый потенциал S2: Разрешение (система, сигналы постоянного тока)	7.5 мкВ (24-bit)
Измеряемый потенциал S2: Разрешение (система, сигналы переменного тока, <20 Гц)	60 нВ

Измеряемый ток

Параметр	Спецификация
Максимальный измеряемый ток	± 6 А
Измеряемый ток: Точность	$\pm 0.2\%$ сигнала $\pm 0.2\%$ of диапазона тока

Параметр	Спецификация
Измеряемый ток: Разрешение (разрешение АЦП, диапазон тока 1 нА)	20 фА
Измеряемый ток: Разрешение (система, сигналы постоянного тока, диапазон тока 1 нА)	300 аА
Измеряемый ток: Разрешение (система, сигналы переменного тока, <20 Гц, диапазон тока 1 нА)	2.3 аА
Наинизший диапазон тока	10 нА
Наинизший диапазон тока с внутренним усилением	1 нА
Общее количество диапазонов тока	11

EIS - измерения между S и RE

Параметр	Спецификация
Максимальная частота	10 МГц
Минимальная частота	10 мкГц
Максимальная амплитуда переменного тока, Pstat (top)	10 В
Максимальная амплитуда переменного тока, (top)	6 А
Минимальная амплитуда переменного тока, Pstat (top)	100 мкВ _{ТОР}
Минимальная амплитуда переменного тока, Gstat (top)	0.5 пА _{ТОР}
Максимальный измеряемый импеданс (точность, %)	25 ГОм (99.75% точность) 100 ГОм (99.0% точность) 1 ТОм (90.0% точность) Доп. сведения см. на контурном графике
Минимальный измеряемый импеданс (точность, %)	4 мОм (99.75% точность) 1 мОм (99.0% точность) 100 мкОм (90.0% точность) Доп. сведения см. на контурном графике
Полная точность EIS	См. контурный график

Общие характеристики

Параметр	Спецификация
EIS	Да
Аналоговая развертка	Да
Плавающий режим	Выбираемый с 4 опциями
Мост Pure signal	1 м фиксированные кабели и 0.5 м съемные адаптивные кабели с 4 мм разъемами «банан»
Время переключения режима (Pstat/Gstat)	50 мкс
Максимальная скорость развертки (аналоговая развертка)	10 kV/STOP
Минимальная скорость развертки (аналоговая развертка)	50 мкВ/с
Максимальная скорость развертки (лестничная развертка, потенциал ступени 10 мВ, длительность ступени 100 мкс)	100 В/с
Минимальная скорость развертки (лестничная развертка, потенциал ступени 100 мкВ, длительность ступени 1 с)	100 мкВ/с
Число подключений ячейки	5 (WE, CE, RE, S, S2)
Заземление (EARTH)	Да
Аналоговое заземление (AGND)	Да
Максимальная выходная мощность (приложенная / пассивные ячейки)	150 Вт
Максимальная входная мощность (рассеиваемая / активные ячейки)	50 Вт при 25 °С
Изоляция ячейки	Автоматическая
Динамический интерфейс	7-сегментный светодиодный с цветной индикацией
Тип подключения	Ethernet
Истинные параллельные каналы сбора данных	Да
Бесстыковые измерения	Да
Отвязка (работа без компьютера)	Да

Временные характеристики

Параметр	Спецификация
Разрешение по времени	10 нс
Временной интервал между двумя командами непрерывного измерения	0 нс (без разрыва)
Минимальный интервал дискретизации (время отбора данных) для i, E и S2	1 мкс

Память

Параметр	Спецификация
Встроенная память для буфера данных (частота дискретизации <10000 точек данных/с)	10 миллионов точек данных
Встроенная память для буфера данных (частота дискретизации > 10000 точек данных/с)	1 миллион точек данных

Размеры

Параметр	Спецификация
Размер (Ш x В x Г), без кабелей	20 см (Ш) x 27 см (В) x 40 см (Г)
Вес	13 кг
Требования к питанию	300 Вт, 100..240 В, 50/60 Гц

Материалы открытых частей

Открытая часть	Материал
Передняя панель (прозрачная)	Полиметилметакрилат
Задняя панель, дно и зеленая окантовка	Полипропилен (20% минерального наполнителя)
Боковые и верхние панели	Нержавеющая сталь
Фиксированные кабели	Поливинилхлорид-нитрил
Буферная и распределительная коробки	Алюминий черный анодированный с силиконовыми защитными кольцами
Адаптивные кабели	Поливинилхлорид с позолоченными контактами

Открытая часть	Материал
Тестовая ячейка	Акрилонитрил бутадиен стирол, (ABS)



ИНФОРМАЦИЯ

Обращайте внимание на химическую и термическую стойкость материалов в экспериментальных условиях, в которых используется VIONIC.

4.7.1 Комплект поставки

Прибор VIONIC стандартно поставляется со следующими элементами:

Номер позиции	Описание	Единицы
3500001080	Прибор VIONIC 1 м фиксированным мостом Pure Signal, включая:	1 шт.
	<i>Комплект</i> адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, 0.5 м с 4 мм разъемами «банан» (стандартно поставляется с VIONIC)	1 компл.
	<i>Комплект</i> адаптивных кабелей для высокочастотных измерений ЭИС, включающий кабели электрода сравнения (RE), сенсорного электрода (S) и кабель заземления, 0.25 м с 4 мм разъемами «банан»	1 компл.
	Кабель заземления (EARTH), 0.5 м с 4 мм / 4 мм разъемами «банан»	1 шт.
	Тестовая ячейка Autolab	1 шт.
	Интернет кабель, 3 м	1 шт.
	Кабель питания	1 шт.
	Разъемы «аллигатор», красные	2 шт.
	Разъемы «аллигатор», черные	3 шт.
	Сертификат качества	1 шт.
	Основная информация о безопасности и декларация соответствия CE	1 шт.
	Программное обеспечение INTELLO, включая лицензии EIS 1 МГц, EIS 10 МГц, S2, аналоговое сканирование	загрузка

Дополнительные аксессуары

Для прибора VIONIC опционально доступны следующие аксессуары

Номер позиции	Описание
3500002500	<i>Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, 0.5 м с 4 мм разъемами «банан» (стандартно поставляется с VIONIC)</i>
3500002510	<i>Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, 0.5 м с 2 мм разъемами «банан».</i>
3500002530	<i>Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, 0.5 м с разъемами «аллигатор».</i>
3500002540	<i>Комплект адаптивных кабелей, включающий кабели рабочего электрода (WE), электрода сравнения (RE), вспомогательного (CE), сенсорного (S) и второго сенсорного (S2) электродов, 0.5 м с изолированными разъемами BNC.</i>
3500002750	<i>Комплект адаптивных кабелей для высокочастотных измерений ЭИС, включающий кабели электрода сравнения (RE), сенсорного (S) электрода и кабель заземления, 0.25 м с 4 мм разъемами «банан».</i>
350000xxxx	Кабель заземления (EARTH), 0.5 м с 4 мм / 4 мм разъемами «банан».
3500002010	Кабель аналогового заземления (AGND), 0.5 м с 4 мм / 2 мм разъемами «банан»
350000xxxx	Тестовая ячейка Autolab
3500002880	Блок гальваностатической плавающей стабилизации (GSTAT FLOAT Stabilization)
ALL.CLIP.RED	Разъемы «аллигатор», красные
ALL.CLIP.BLACK	Разъемы «аллигатор», черные



ИНФОРМАЦИЯ

Для получения дополнительной информации обратитесь в местный офис службы поддержки Metrohm Autolab.

5 Замечания по экспериментальной установке

Здесь представлены конкретные аспекты, касающиеся возможных экспериментальных установок с различными типами электрохимических ячеек и соединений, правильного использования клетки Фарадея, а также факторов, которые могут повлиять на качество результатов измерений.

5.1 Подключение ячейки

Как описано в специальной главе, соединение между VIONIC и электрохимической ячейкой осуществляется с помощью моста Pure signal и адаптивных кабелей. Это позволяет использовать различные режимы подключения VIONIC к электрохимической ячейке в зависимости от конкретного применения. Независимо от режима подключения ячейки, когда VIONIC подключен к электрохимической ячейке, потенциал всегда контролируется или измеряется между разъемами электрода сравнения (RE) и измерительного электрода (S), а ток всегда измеряется или контролируется между разъемами рабочего электрода (WE) и вспомогательного электрода (CE). Также важно знать, что второй измерительный электрод (S2) может только *измерять* потенциал относительно электрода сравнения (RE). Невозможно контролировать или применять потенциал с помощью второго измерительного электрода (S2).



ИНФОРМАЦИЯ

Стандартные адаптивные кабели, входящие в комплект поставки VIONIC, оснащены 4 мм разъемами «банан». Подробную информацию о дополнительных адаптивных кабелях с различными типами разъемов см. в главе «Описание прибора».

Коннекторы, доступные на адаптивных кабелях VIONIC, маркированы следующим образом:

- **Рабочий (или индикаторный) электрод:** WE (красный)
- **Сенсорный электрод:** S (красный)
- **Электрод сравнения:** RE (синий)
- **Вспомогательный электрод:** CE (черный)
- **Второй сенсор:** S2 (черный)
- **Заземление:** EARTH (зеленый)
- **Аналоговое заземление:** AGND (черный)

Адаптивные кабели должны быть подключены к мосту Pure Signal в соответствии с маркировкой.



Рисунок 27. Разъемы и маркировка на мосту Pure signal (буферная (1) и разветвительная (2) коробки).



ИНФОРМАЦИЯ

Независимо от режима подключения ячейки всегда контролируется или измеряется потенциал между разъемами электрода сравнения (RE) и измерительного электрода (S), а ток всегда измеряется или контролируется между разъемами рабочего электрода (WE) и вспомогательного электрода (CE).

Существует множество электрохимических приложений, в которых используются различные типы электрохимических ячеек. Основные различия между этими типами электрохимических ячеек таковы:

- Число точек подключения (электродов) в ячейке:
 - 2-электродная ячейка
 - 3-электродная ячейка с мониторингом второго напряжения (S2) и без
 - 4-электродная ячейка с мониторингом второго напряжения и без
- В зависимости от состояния заземления ячейки:
 - незаземленные ячейки
 - заземленные ячейки
- В зависимости от требований к мощности ячейки:
 - Пассивные ячейки
 - Активные ячейки

Более подробная информация о том, как подключить мост Pure signal и адаптивные кабели VIONIC к электрохимической ячейке, представлена отдельно для каждого типа электрохимической ячейки.

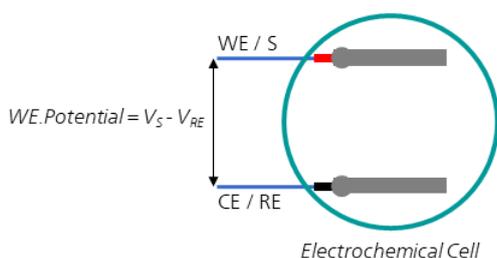


ИНФОРМАЦИЯ

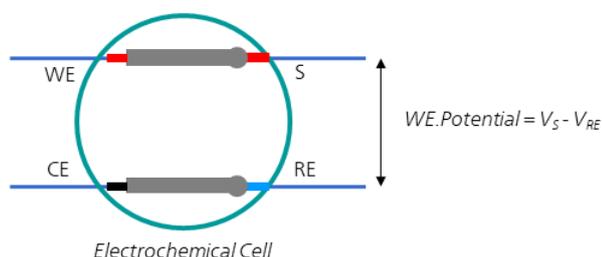
Если у вас есть какие-либо сомнения относительно того, как подключить VIONIC к вашей электрохимической ячейке, обратитесь за советом к местному дистрибьютору Metrohm Autolab.

5.1.1 Подключение ячеек: режим с 4 разъемами (без S2)

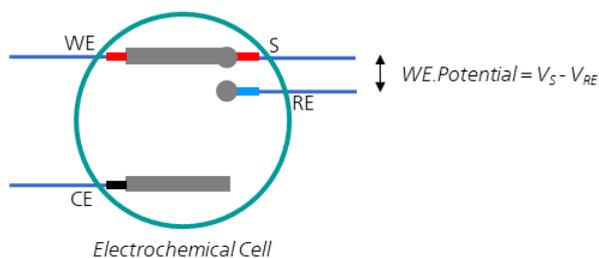
- **Двухэлектродный режим, 2-точечное подключение:** в этом режиме адаптивные кабели вспомогательного электрода (CE) и электрода сравнения (RE) подключаются вместе к одному электроду (например, отрицательному электроду батареи), а кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к другому электроду (например, к положительному электроду батареи). Ток всегда измеряется между CE и WE, а разность потенциалов измеряется между RE и S. Этот режим обычно используется для характеристики устройств хранения и преобразования энергии, таких как батареи, топливные элементы, солнечные батареи и суперконденсаторы, в электролизе или когда использование автономного электрода сравнения невозможно.



- **Двухэлектродный режим, 4-х точечное подключение:** в этом режиме адаптивные кабели вспомогательного электрода (CE) и электрода сравнения (RE) подключаются отдельно к одному и тому же электроду (например, отрицательному электроду батареи), а кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются отдельно к другому электроду (например, к положительному электроду батареи). Этот режим подключения настоятельно рекомендуется для приложений с высоким током и/или низким импедансом. Кроме того, рекомендуется размещать RE и S как можно ближе к электродам в ячейке. Это уменьшит омические потери в соединениях. Этот режим подключения особенно важен для определения с помощью электрохимической импедансной спектроскопии (EIS) характеристик устройств с низким импедансом, таких как батареи и топливные элементы.



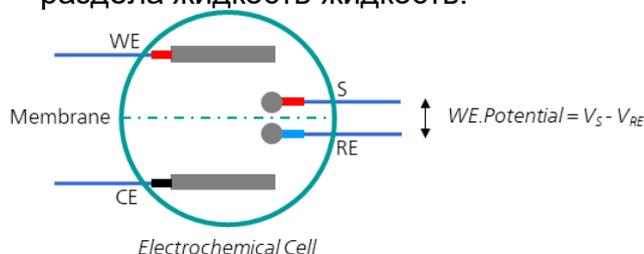
- **Трехэлектродный режим:** в этом режиме кабели вспомогательного электрода (CE) и электрода сравнения (RE) подключаются к вспомогательному электроду и электроду сравнения ячейки соответственно. Кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к рабочему электроду в ячейке. Ток измеряется между CE и WE, а разность потенциалов измеряется между RE и S. Это наиболее распространенный способ подключения электрохимической ячейки, который используется для характеристики большинства электрохимических систем, в которых используется отдельный электрод сравнения.



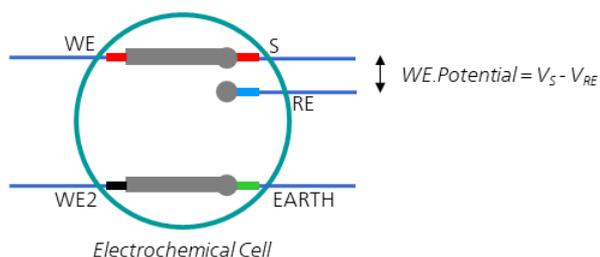
ИНФОРМАЦИЯ

Общепринятой практикой является размещение электрода сравнения (RE) как можно ближе к рабочему электроду (WE), чтобы уменьшить некомпенсированное сопротивление и уменьшить омические потери, возникающие из-за этого сопротивления. Этого можно достичь, физически помещая электрод сравнения близко к рабочему электроду или используя капилляр *Луггина-Габера*.

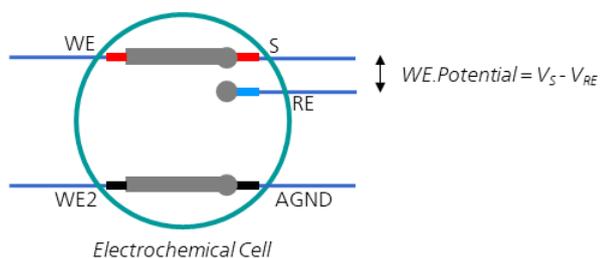
- **Четырехэлектродный режим:** в этом режиме каждый адаптивный кабель подключается к своему электроду в ячейке. Отличие по сравнению с упомянутым выше трехэлектродным режимом заключается в том, что вывод сенсорного электрода (S) подключен ко второму электроду сравнения или внутреннему зонду в электрохимической ячейке. Конфигурация с четырьмя электродами используется для измерений через мембраны или поверхности раздела жидкость-жидкость, образованные двумя несмешивающимися растворителями. Ток измеряется между CE и WE, а разность потенциалов измеряется между RE и S. Этот режим обычно используется для характеристики мембран и границ раздела жидкость-жидкость.



- Амперметр нулевого сопротивления (ZRA), неплавающий режим:** в этом режиме адаптивные кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к первому рабочему электроду (WE1), кабель электрода сравнения (RE) подключается к электроду сравнения в ячейке, а дополнительный кабель заземления (EARTH) подключается ко второму рабочему электроду (WE2) в ячейке. При использовании этого режима подключения ток контролируется неинвазивным способом, так как на электрохимическую ячейку не воздействует внешнее возмущение. Этот режим подключения используется для наблюдения за флуктуациями потенциала и тока (электрохимический шум, ECN), возникающими непосредственно в результате электрохимических реакций, протекающих на поверхности электрода. Для этой конфигурации первый рабочий электрод (WE1) и/или ячейка не могут быть подключены к земле.



- Амперметр нулевого сопротивления (ZRA), плавающий режим:** в этом режиме адаптивные кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к первому рабочему электроду (WE1), кабель электрода сравнения (RE) подключается к электроду сравнения в ячейке, а кабель дополнительного аналогового заземления (AGND) подключается ко второму рабочему электроду (WE2) в ячейке. При использовании этого режима подключения ток контролируется неинвазивным способом, так как на электрохимическую ячейку не воздействует внешнее возмущение. Этот режим подключения используется для наблюдения за флуктуациями потенциала и тока (электрохимический шум, ECN), возникающими непосредственно в результате электрохимических реакций, происходящих на поверхности электрода, *только при проведении измерений ZRA (или ECN) с заземленным первым рабочим электродом (WE1) или с заземленной ячейкой.*





ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание, что в случае четырехэлектродного режима датчик (S) не подключен к рабочему электроду (WE). Сигнал *WE.Potential* **всегда** представляет собой разность потенциалов между сенсором (S) и электродом сравнения (RE).

Когда сенсор (S) не подключен к рабочему электроду (WE), разность между *S2.Potential* - *WE.Potential* **не будет** разностью потенциалов между вспомогательным электродом (CE) или вторым сенсором (S2) и рабочим электродом (WE).



ИНФОРМАЦИЯ

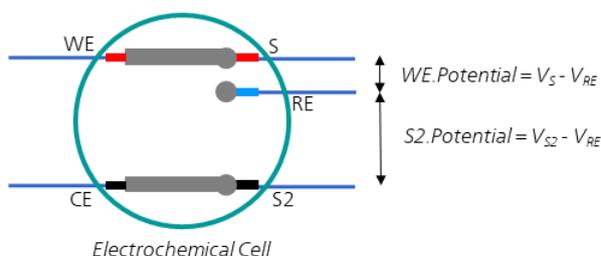
Адаптивный кабель аналогового заземления (AGND) не входит в стандартный список принадлежностей, поставляемых с VIONIC. Для получения дополнительной информации обратитесь в местный офис поддержки Matrohm Autolab.

5.1.2 Подключение ячеек: режим с 5 разъемами (с S2)

Используя подключение второго сенсора (S2), VIONIC обеспечивает возможность измерения дополнительного напряжения в электрохимической ячейке по отношению к электроду сравнения (RE). При использовании второго сенсора (S2) возможны следующие режимы подключения ячеек:

Второй сенсор (S2) подключен к вспомогательному электроду (CE)

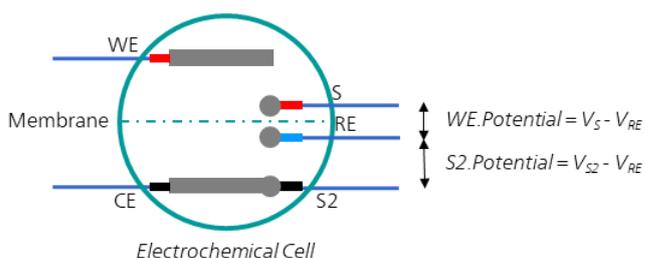
- **Трехэлектродный режим со вторым датчиком (S2), подключенным к вспомогательному электроду (CE):** это типичная трехэлектродная конфигурация, когда адаптивные кабели второго датчика (S2) и вспомогательного электрода (CE) подключаются вместе к вспомогательному электроду в ячейке. Кабель электрода сравнения (RE) подключается к электроду сравнения, а кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к рабочему электроду в ячейке. Ток измеряется между CE и WE. Коннекторы S и S2 используются для измерения разности потенциалов между WE и CE по отношению к RE соответственно. Это наиболее распространенный способ подключения электрохимической ячейки, который используется для характеристики электрохимических систем, в которых используется отдельный электрод сравнения и дополнительно контролируется напряжение вспомогательного электрода.



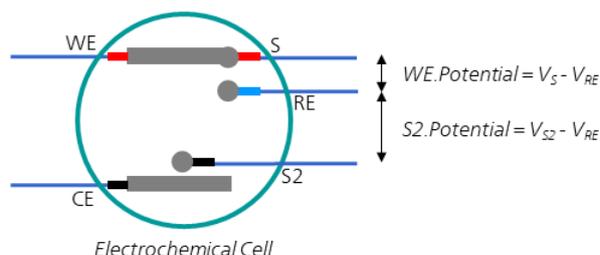
ИНФОРМАЦИЯ

Общепринятой практикой является размещение электрода сравнения (RE) как можно ближе к рабочему электроду (WE), чтобы уменьшить некомпенсированное сопротивление и уменьшить омические потери, возникающие из-за этого сопротивления. Этого можно достичь, физически помещая электрод сравнения близко к рабочему электроду или используя капилляр *Луггина-Габера*.

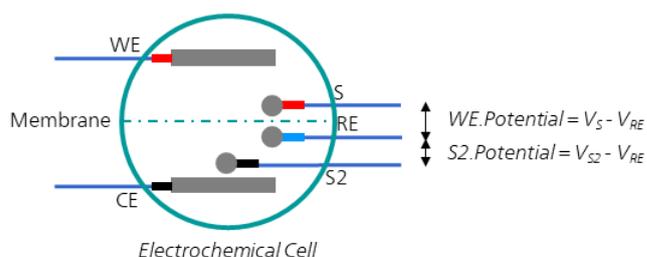
- Четырехэлектродный режим со вторым датчиком (S2), подключенным к вспомогательному электроду (CE):** в этом режиме адаптивные кабели второго датчика (S2) и вспомогательного электрода (CE) подключаются вместе к вспомогательному электроду в ячейке. Адаптивные кабели электрода сравнения (RE), рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются к отдельному электроду или внутреннему зонду в ячейке. Конфигурация с четырьмя электродами используется для измерений через мембраны или поверхности раздела жидкость-жидкость, образованные двумя несмешивающимися растворителями. Ток измеряется между CE и WE, а разность потенциалов измеряется между RE и S. Используя второй сенсор (S2), подключенный к вспомогательному электроду (CE), можно контролировать потенциал CE относительно электрода сравнения (RE). Этот режим обычно используется для характеристики мембран и границ раздела жидкость-жидкость.



- Трехэлектродный режим с автономным вторым датчиком (S2):** то же самое, что и типичная конфигурация с тремя электродами, но с адаптивным кабелем второго датчика (S2), подключенным к автономному датчику в ячейке. Адаптивные кабели вспомогательного электрода (CE) и электрода сравнения (RE) подключаются к вспомогательному электроду и электроду сравнения в электрохимической ячейке соответственно. Адаптивные кабели рабочего электрода (WE) и измерительного электрода (S) подключаются вместе к рабочему электроду в ячейке. Ток измеряется между CE и WE. Можно контролировать разность потенциалов между S и RE (т. е. разность потенциалов между WE и RE) и разность потенциалов между S2 и RE.



- Четырехэлектродный режим с автономным вторым датчиком (S2):** то же самое, что и типичная конфигурация с четырьмя электродами, но с адаптивным кабелем второго датчика (S2), подключенным к автономному датчику в ячейке. Поэтому в этом случае все адаптивные кабели подключаются к отдельному электроду или внутреннему зонду в ячейке. Конфигурация с четырьмя электродами используется для измерений через мембраны или поверхности раздела жидкость-жидкость, образованные двумя несмешивающимися растворителями. Ток измеряется между CE и WE. Можно контролировать разность потенциалов между S и RE и разность потенциалов между S2 и RE. Этот режим обычно используется для характеристики мембран и границ раздела жидкость-жидкость.





ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание, что в случае четырехэлектродного режима датчик (S) не подключен к рабочему электроду (WE). Сигнал *WE.Potential* **всегда** представляет собой разность потенциалов между датчиком (S) и электродом сравнения (RE).

Когда датчик (S) не подключен к рабочему электроду (WE), разность между *S2.Potential* - *WE.Potential* **не будет** разностью потенциалов между вспомогательным электродом (SE) или вторым датчиком (S2) и рабочим электродом (WE).



ИНФОРМАЦИЯ

Когда электрохимическая ячейка подключена в **двухэлектродном режиме**, либо в 2-х, либо в 4-х точечном режиме, использование S2 для измерения напряжения SE не принесет никакой дополнительной информации, поскольку S2, SE и RE соединены вместе (т. е. разность потенциалов между S2 и RE всегда будет равна нулю). Если приложение требует независимого контроля электрохимических процессов, происходящих на аноде и катоде накопителя энергии, необходим **трехэлектродный режим** подключения с использованием автономного электрода сравнения в электрохимической ячейке.



ИНФОРМАЦИЯ

Для заземления клетки Фарадея или когда требуется заземляющее соединение в рабочей системе, включающей прибор VIONIC, всегда должен использоваться разъем **EARTH** кабелей ячейки. Это распространяется на случаи, когда прибор работает как в неплавающем режиме, так и в плавающем режиме. Разъем EARTH напрямую подключается к заземлению прибора. См. подробности в специальном разделе, в котором описывается, как подключить клетку Фарадея.

5.2 Заземленные и незаземленные электрохимические ячейки

VIONIC оснащен *выбираемой плавающей функцией*, которая позволяет подключать VIONIC к любому типу электрохимических ячеек, заземленных или незаземленных. Благодаря переключателю, управляемому программным обеспечением, VIONIC может работать в «нормальном», или неплавающем (заземленном) режиме, а также в плавающем режиме. Выбор плавающего / неплавающего режима доступен в редакторе рабочей системы в INTELLO.

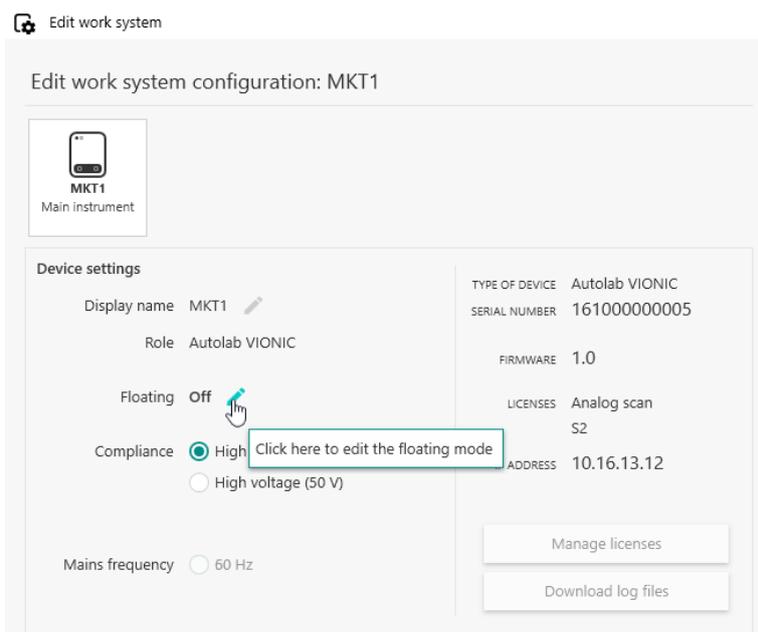


Рисунок 28. Выбор плавающего режима в редакторе рабочей системы в INTELLO



ИНФОРМАЦИЯ

Подробнее о редакторе рабочей системы в INTELLO читайте в соответствующем параграфе в руководстве пользователя.

В *заземленном (неплавающем) режиме* управляющая и измерительная электроника VIONIC подключается к защитному заземлению и во время работы использует заземление (EARTH) в качестве опорного заземления.

В *плавающем режиме* управляющая и измерительная электроника VIONIC отключена от защитного заземления и во время работы использует плавающее аналоговое заземление (AGND) в качестве опорного заземления.

Для достижения наилучших результатов измерения очень важно выбрать правильный режим работы VIONIC (т. е. плавающий или неплавающий) для типа электрохимических ячеек, используемых в эксперименте.



ИНФОРМАЦИЯ

Способы подключения электродов описаны в соответствующем разделе руководства пользователя и применимы как для заземленных, так и для незаземленных электрохимических ячеек.

5.2.1 Незаземленные электрохимические ячейки

В подавляющем большинстве электрохимических экспериментов используется классическая незаземленная электрохимическая ячейка. Это означает, что электрохимическая ячейка, включая корпус ячейки, электроды и электролит, полностью изолированы от земли (т.е. не заземлены). В этом случае для достижения наилучших результатов измерения прибор должен быть установлен в неплавающий режим (т. е. VIONIC не должен быть установлен в плавающий режим).

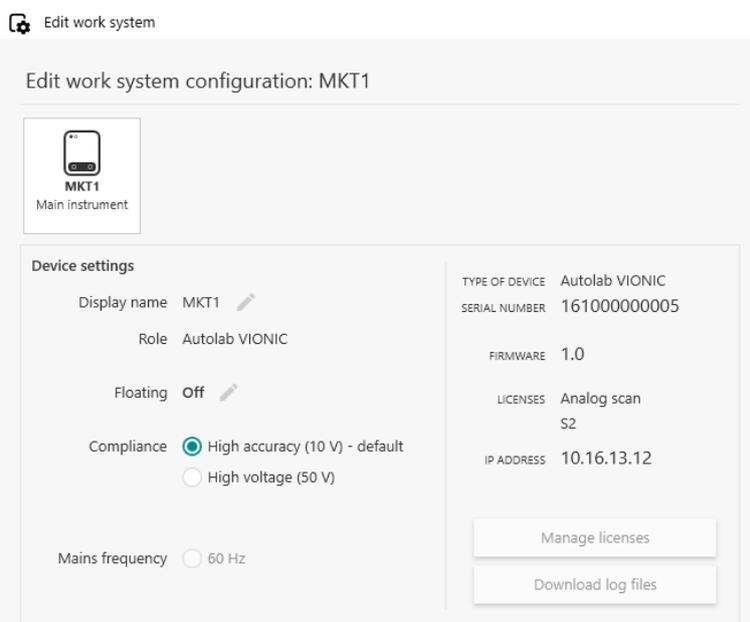


Рисунок 29. VIONIC переключен в неплавающий режим (т. е. плавающий режим отключен, Floating Off)

Если VIONIC использовался в плавающем режиме и должен быть переключен в неплавающий режим (в эксперименте используются незаземленные ячейки), необходимо сделать соответствующий выбор в редакторе рабочей системы.

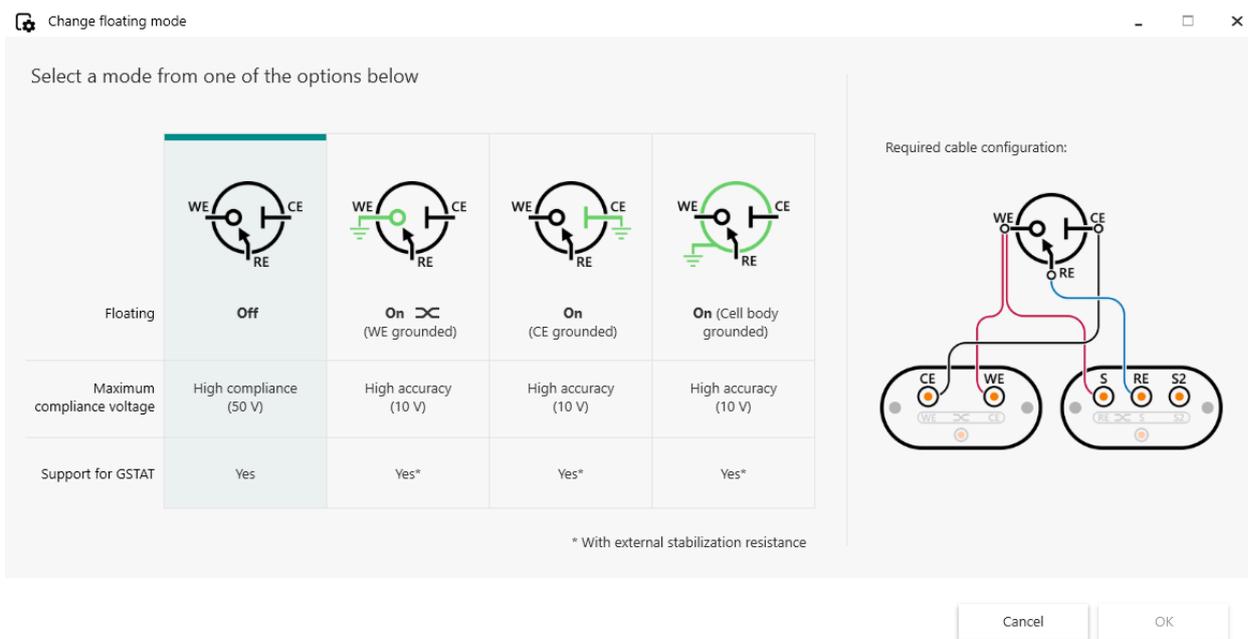


Рисунок 30. Выбор неплавающего режима в редакторе рабочей системы в INTELLO для незаземленных электрохимических ячеек.

- Адаптивные кабели должны быть подключены к мосту Pure signal в соответствии с основной маркировкой.
- VIONIC можно использовать как в режиме высокой точности (диапазон напряжения соответствия ± 10 В), так и в режиме высокого соответствия (диапазон напряжения соответствия ± 50 В).
- VIONIC можно использовать как в потенциостатическом, так и в гальваностатическом режиме без каких-либо дополнительных ограничений, в рамках технических характеристик.



ИНФОРМАЦИЯ

Когда VIONIC включен, состоянием по умолчанию будет неплавающий режим.

В целом заземленная электроника всегда более стабильна и менее шумна, чем плавающая электроника. Поэтому плавающий режим следует использовать только при необходимости. При подключении VIONIC к обычным незаземленным электрохимическим ячейкам рекомендуется использовать нормальный, неплавающий (заземленный) режим для VIONIC.



ВНИМАНИЕ

Обратите внимание, что не только замыкание или сопротивление могут обеспечить соединение с землей, но и емкость может создать токопроводящий путь (для сигналов переменного тока). Если для измерения на заземленной ячейке используется неплавающий режим, через контур управления PGSTAT будет протекать неопределенный ток, когда кабели электродов от PGSTAT подключены к ячейке (т. е. будет наблюдаться утечка тока на землю), и измерения будут невозможны.



ИНФОРМАЦИЯ

Когда VIONIC работает в неплавающем режиме, аналоговое заземление электроники (AGND) соединено с землей. В этом случае **AGND** и **EARTH** внутренне соединены друг с другом и с землей. Использование соединения ANGND и кабеля не требуется. Более подробная информация о переключателе заземления и аналогового заземления доступна в главе, описывающей блок-схему прибора.



ИНФОРМАЦИЯ

Подробную информацию о правильном подключении клетки Фарадея см. в разделе Подключение клетки Фарадея.

5.2.2 Заземленные электрохимические ячейки

Для некоторых конкретных электрохимических приложений и экспериментов необходимо использовать заземленную электрохимическую ячейку.

Электрохимическую ячейку заземляют в одном из следующих случаев:

- Рабочий электрод (или образец) заземлен или должен быть заземлен
- Вспомогательный электрод (или токоприемник) заземлен или должен быть заземлен
- Корпус ячейки (контейнер) заземлен или должен быть заземлен



Рисунок 31. Графическое представление различных типов заземленных ячеек с точкой заземления.

Благодаря выбираемой плавающей функции VIONIC можно подключать и использовать с любым из упомянутых выше типов заземленных ячеек как для потенциостатических, так и для гальваностатических измерений.

В зависимости от типа электрохимической ячейки, используемой в эксперименте, в редакторе рабочей системы должен быть выбран соответствующий плавающий режим VIONIC, и ячейка должна быть подключена соответствующим образом. Редактор рабочей системы в INTELLO включает в себя подробное руководство для пользователя по выбору соответствующего плавающего режима в зависимости от типа точки заземления в ячейке. Четкая индикация соединений на мосту Pure signal также отображается в момент выбора плавающего режима в INTELLO.



ИНФОРМАЦИЯ

Обратите внимание на маркировку на мосту Pure signal. Если необходимо использовать перекрестно-плавающий режим, убедитесь, что вы подключаете адаптивные кабели в соответствии с маркировкой, соответствующей знаку  на мосту Pure signal.



Заземленный рабочий электрод (WE)

В этом случае рабочий электрод (WE) в электрохимической ячейке напрямую соединен с землей.

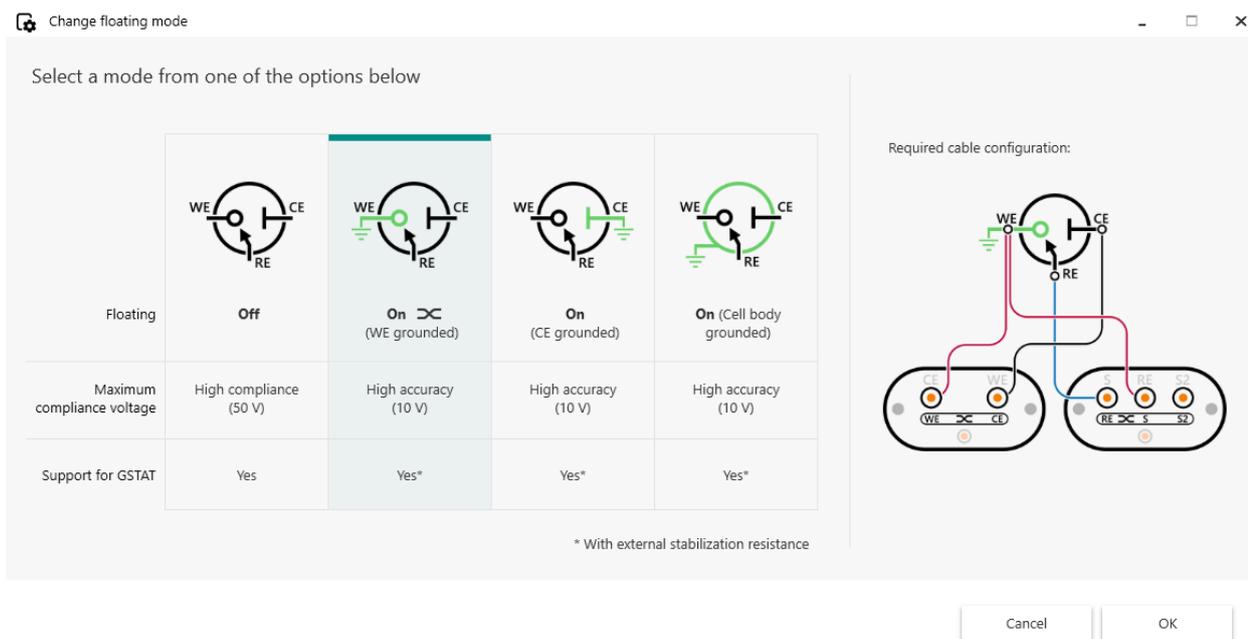


Рисунок 32 Выбор перекрестно-плавающего режима в редакторе рабочей системы в INTELLO для электрохимических ячеек с заземленным рабочим электродом (WE).

- VIONIC необходимо установить в перекрестно-плавающий режим, следуя указаниям в редакторе рабочей системы в INTELLO. Знак FLOAT вместе со знаком  будет отображаться в динамическом интерфейсе.
- Адаптивные кабели должны быть подключены к мосту Pure signal согласно маркировке, соответствующей знаку .
- VIONIC можно использовать только в режиме высокой точности (диапазон напряжения соответствия ± 10 В).
- В случае измерений в гальваностатическом режиме требуется использование внешнего стабилизационного магазина сопротивлений.

Заземленный вспомогательный электрод (CE)

В этом случае вспомогательный электрод (CE) в электрохимической ячейке напрямую соединен с землей.

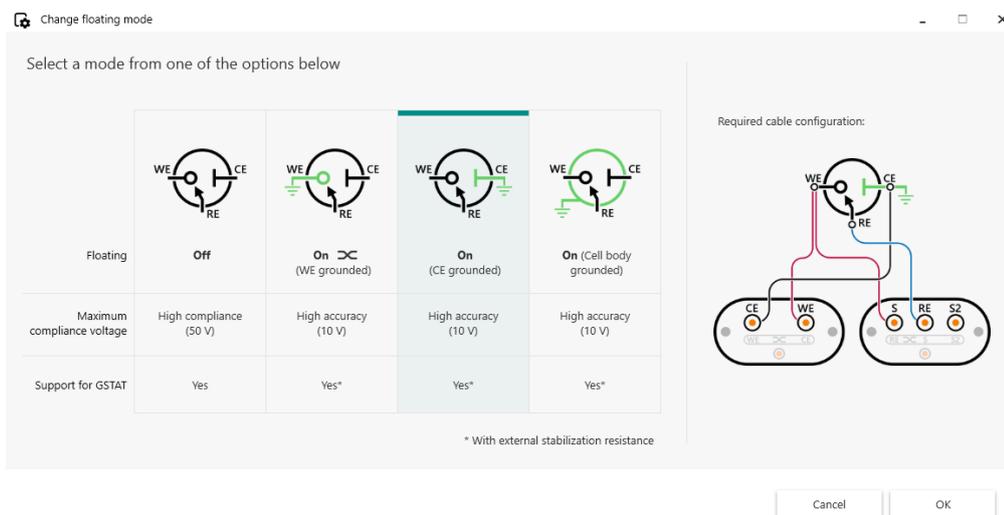


Рисунок 33 Выбор плавающего режима в редакторе рабочей системы в INTELLO для электрохимических ячеек с заземленным вспомогательным электродом (CE)

- VIONIC необходимо установить в плавающий режим, следуя указаниям в редакторе рабочей системы в INTELLO. Знак FLOAT будет отображаться в динамическом интерфейсе.
- Адаптивные кабели должны быть подключены к мосту Pure signal в соответствии с основной маркировкой (так же, как и для неплавающего режима).
- VIONIC можно использовать только в режиме высокой точности (диапазон напряжения соответствия ± 10 В)
- В случае измерений в гальваностатическом режиме требуется использование внешнего стабилизационного магазина сопротивлений.

Заземленный корпус ячейки

В этом случае электропроводящий корпус электрохимической ячейки напрямую соединен с землей.

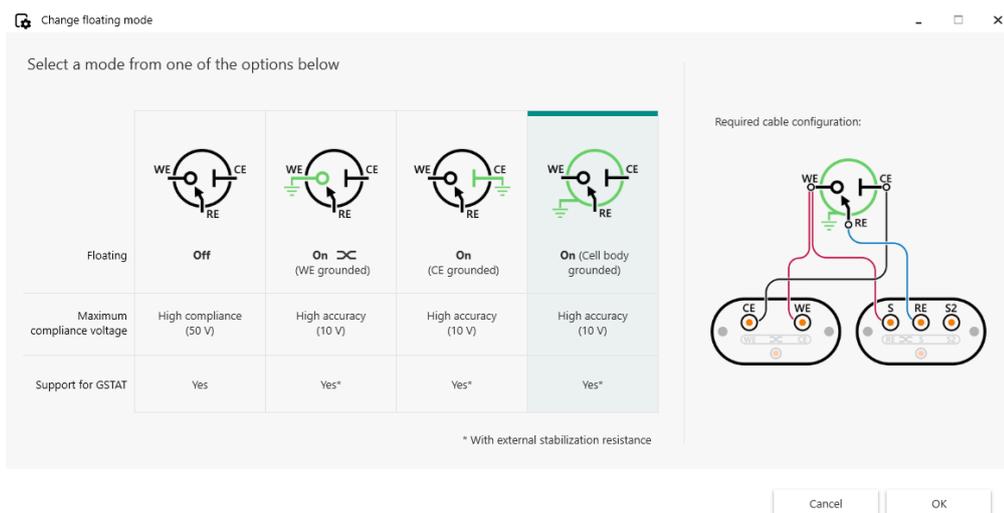


Рисунок 34 Выбор плавающего режима в редакторе рабочей системы в INTELLO для электрохимических ячеек с заземленным корпусом ячейки.

- VIONIC необходимо установить в плавающий режим, следуя указаниям в редакторе рабочей системы в INTELLO. Знак FLOAT будет отображаться в динамическом интерфейсе.
- Адаптивные кабели должны быть подключены к мосту Pure signal в соответствии с основной маркировкой (так же, как и для неплавающего режима).
- VIONIC можно использовать только в режиме высокой точности (диапазон напряжения соответствия ± 10 В)
- В случае измерений в гальваностатическом режиме требуется использование внешнего стабилизационного магазина сопротивлений.



ИНФОРМАЦИЯ

С точки зрения прибора плавающий режим и соединения ячейки одинаковы, когда электрохимические ячейки имеют заземленный вспомогательный электрод или заземленный корпус ячейки.



ВНИМАНИЕ

Обратите внимание, что не только замыкание или сопротивление могут обеспечить соединение с землей, но и емкость может создать токопроводящий путь (для сигналов переменного тока). Если для измерения на заземленной ячейке используется неплавающий режим, через контур управления PGSTAT будет протекать неопределенный ток, когда кабели электродов от PGSTAT подключены к ячейке (т. е. будет наблюдаться утечка тока на землю), и измерения будут невозможны.

Когда VIONIC работает в плавающем режиме, аналоговое заземление электроники (AGND) отключено от земли. В этом случае **AGND** и **EARTH** внутренне отсоединены друг от друга. Соединение **EARTH** по-прежнему соединено с защитным заземлением и корпусом прибора. Использование соединения **AGND** необходимо только для очень специфических приложений, таких как измерения амперметра нулевого сопротивления (ZRA) (или электрохимического шума (ECN)) в плавающем режиме. Подробнее о заземлении и аналоговом заземлении можно прочитать в параграфе, описывающем блок-схему прибора.



ИНФОРМАЦИЯ

Поскольку аналоговая электроника VIONIC изолирована от внешней платы ввода/вывода, по-прежнему можно подключать заземленные внешние устройства к внешним входам и выходам VIONIC (плата ввода/вывода), даже когда VIONIC используется в плавающем режиме.



ИНФОРМАЦИЯ

При использовании клетки Фарадея с VIONIC в любом из плавающих режимов соединение EARTH на мосту Pure signal должно использоваться для заземления клетки Фарадея. Пожалуйста, ознакомьтесь с разделом о подключении клетки Фарадея для получения более подробной информации о том, как правильно подключить клетку Фарадея.



ИНФОРМАЦИЯ

Если прибор установлен в плавающий режим и измеренный ток равен нулю или VIONIC показывает перегрузку в динамическом интерфейсе (OVL), убедитесь, что аналоговое заземление не подключено к земле, а тип плавающего режима и кабельные соединения соответствуют типу используемой ячейки.

Если у вас есть какие-либо сомнения относительно типа плавающего режима и соединений, обратитесь за консультацией к местному дистрибьютору Metrohm Autolab.

5.3 Пассивные и активные электрохимические ячейки.

В этом разделе представлены конкретные сведения об использовании **пассивных** и **активных** электрохимических ячеек и соответствующих спецификациях VIONIC.

5.3.1. Пассивные электрохимические ячейки.

В электрохимии **пассивные ячейки** представляют собой «типичные», обычные электрохимические ячейки, для которых контролируют потенциал или ток рабочего электрода, чтобы проводить и контролировать электрохимический процесс в ячейке. Пассивная ячейка «потребляет» электроэнергию, поставляемую PGSTAT, и эта мощность фактически преобразуется в энергию, которая вызывает электрохимические реакции в ячейке. Следовательно, в этом случае мощность, подаваемая

PGSTAT, положительна, что означает, что и ток, и потенциал в ячейке имеют одинаковый знак, как показано на графике мощности. Общая мощность, выдаваемая усилителем мощности PGSTAT, определяется произведением *общего напряжения ячейки* (приложенного или измеренного) и *измеренного / приложенного тока*.



ИНФОРМАЦИЯ

Общее напряжение ячейки – это общее напряжение, приложенное к ячейке между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE) для достижения заданного пользователем *приложенного напряжения* между рабочим электродом (WE) и электродом сравнения (RE). Общее напряжение ячейки ограничено напряжением соответствия PGSTAT.

Подаваемый или измеряемый ток представляет собой общий ток, протекающий между вспомогательным электродом (CE) и рабочим электродом (WE). Подаваемый и измеряемый ток ограничен максимальным током PGSTAT.

Как показывает график мощности, VIONIC имеет распределенную мощность между *высоким напряжением соответствия* и *высоким током*. Это позволяет использовать VIONIC в самых разных приложениях с различными требованиями к мощности.

- **High Compliance mode (Режим высокого соответствия)** – VIONIC можно установить в режим высокого соответствия, когда в экспериментах используются непроводящие (или имеющие высокое сопротивление) электролиты и электрохимические ячейки, и/или изучаемый электрохимический процесс имеет относительно низкое сопротивление переносу заряда. В этом случае максимальная отдаваемая мощность составляет 150 Вт. Некоторыми типичными примерами экспериментов, когда VIONIC следует использовать в режиме высокого соответствия, являются: электрохимия в органических электролитах, коррозия в маслах и бетоне, электролиз и т. д. В этом случае максимальное напряжение соответствия, максимальный приложенный и измеренный ток и максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала таковы:
 - Диапазон напряжения соответствия: ± 50 В
 - Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 3 А
 - Максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала: ± 10 В

- **High accuracy mode (Режим высокой точности)** - VIONIC может быть установлен в режим высокой точности, когда в экспериментах используются проводящие (или низкоомные) электролиты и электрохимические ячейки и/или исследуемый электрохимический процесс имеет относительно высокое сопротивление переносу заряда. Некоторыми типичными примерами экспериментов, когда VIONIC следует использовать в режиме высокой точности, являются: электрохимия в водных кислых или основных электролитах, коррозия в морской воде, исследования накопления и генерации энергии и т. д. В этом случае максимальное напряжение соответствия, максимальное приложенный и измеренный ток, а также максимальный диапазон приложенного и измеряемого потенциала таковы:
 - Диапазон напряжения соответствия: ± 10 В
 - Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 6 А
 - Максимальный диапазон приложенного и измеряемого тока: ± 10 В

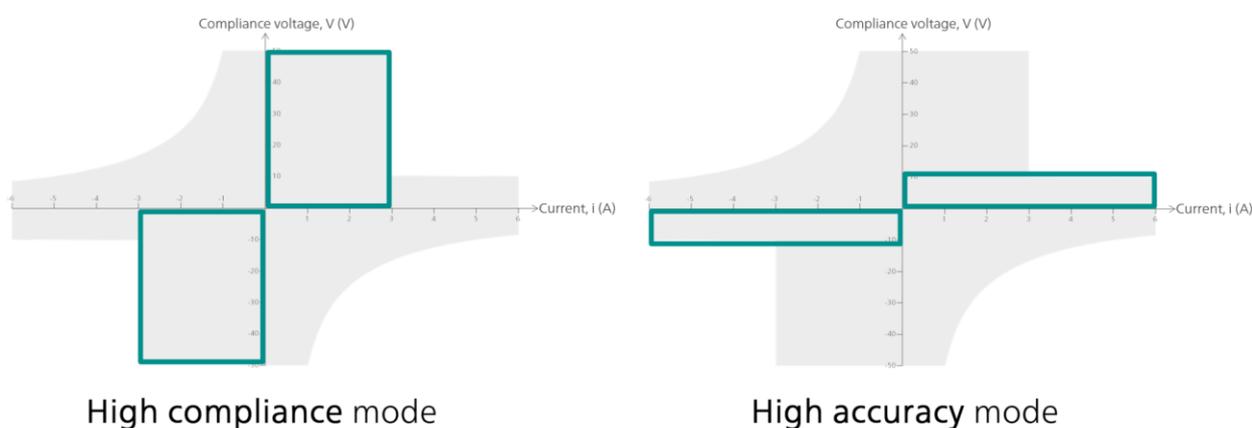


Рисунок 35. Области высокого соответствия и высокой точности на графике мощности VIONIC



ИНФОРМАЦИЯ

Если во время электрохимического измерения достигается предел напряжения соответствия, на динамическом интерфейсе загорается желтая индикация OVL. В этом случае необходимо использование режима высокого соответствия или, если он уже используется, необходимо оптимизировать электрохимическую ячейку. Для получения дополнительной информации и пояснений о напряжении соответствия, других спецификациях и параметрах, которые могут влиять на электрохимические приборы, см. дополнительную документацию на сайте www.metrohm.com/electrochemistry или обратитесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab.



ИНФОРМАЦИЯ

Разница между режимом высокого соответствия и режимом высокой точности

Точность приложенного / измеряемого значения потенциала всегда одинакова.

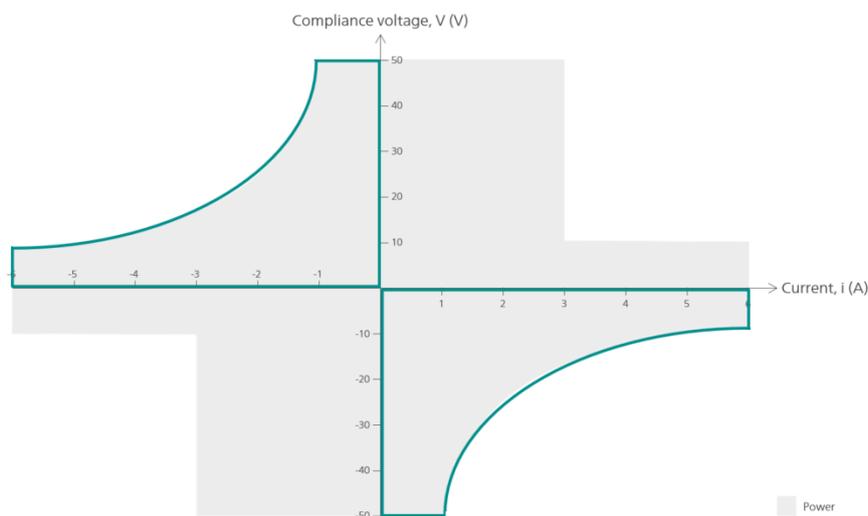
При использовании режима **высокой точности** общее управление электрохимической ячейкой происходит быстрее и точнее. Основное различие между режимом **высокой точности** и режимом **высокого соответствия** является следствием дополнительного усиления, которое необходимо использовать для режима высокого соответствия, когда диапазон напряжения расширяется от ± 10 В (режим высокой точности) до ± 50 В (режим высокого соответствия). Следовательно, поскольку при работе VIONIC в режиме высокой точности используется меньшее усиление, в сигнале будет меньше общего шума, управление ячейкой будет быстрее, а при подаче сигнала на ячейку будет меньше звона и перерегулирования.

Важно всегда выбирать настройки прибора в соответствии с требованиями эксперимента. Использование режима высокой точности рекомендуется всегда, когда не требуется высокое соответствие.

5.3.2 Активные электрохимические ячейки

В случае **активных ячеек** электрохимический процесс в ячейке является самопроизвольным, и *ячейка вырабатывает мощность*, которая должна быть рассеяна PGSTAT. В этом случае мощность, рассеиваемая PGSTAT, отрицательна, что означает, что ток и потенциал в ячейке имеют противоположные знаки, как показано на рисунке, представляющем график мощности VIONIC. Общая мощность, которая должна рассеиваться усилителем мощности PGSTAT, определяется произведением *общего напряжения ячейки* на *измеренный (отдаваемый) ток* и ограничивается конструкцией электроники PGSTAT и радиатором электроники.

Некоторыми распространенными примерами активных ячеек, которые могут отдавать значительное количество энергии, являются устройства накопления энергии, измерения на топливных элементах в рабочем состоянии или другие устройства для выработки энергии.



Active electrochemical cells

Рисунок 36. Область активной ячейки на графике мощности VIONIC

Как показано на графике мощности VIONIC, при подключении активных ячеек VIONIC может рассеивать до 50 Вт (при 25 °C).

Активные ячейки, демонстрирующие абсолютное напряжение $|V_{\text{Cell}}|$ менее 8 В между рабочим электродом (WE) и вспомогательным электродом (CE), являются безопасными. Они могут довести VIONIC до предела по току, но не перегрузят усилитель мощности.

Активные ячейки, которые имеют абсолютное напряжение выше 8.3 В между рабочим (WE) и вспомогательным электродом (CE), могут отдавать только максимальный ток, i_{MAX} , определяемый по формуле:

$$i_{\text{MAX}} = \frac{P_{\text{MAX}}}{|V_{\text{Cell}}|} = \frac{50\text{W}}{|V_{\text{Cell}}|}$$

Температурная перегрузка

При достижении максимального предела рассеиваемой мощности силовая электроника VIONIC может перегреться. В этом случае сработает схема защиты от перегрузки по температуре для защиты силовой электроники прибора.

Во время температурной перегрузки на динамическом интерфейсе прибора загорится красная индикация T_{OVL} , и электрохимическая ячейка будет автоматически изолирована (т. е. автоматически отключена) от VIONIC в целях безопасности. Процедура измерения также будет остановлена. При возникновении температурной перегрузки (T_{OVL}) работу с VIONIC можно восстановить только после полной перезагрузки прибора.



ИНФОРМАЦИЯ

Поскольку рассеивание мощности осуществляется путем преобразования мощности в тепло, максимальная рассеиваемая мощность зависит от рабочей (окружающей) температуры VIONIC.



ИНФОРМАЦИЯ

VIONIC должен быть установлен в режим высокого соответствия, чтобы обеспечить максимальную рассеиваемую мощность.



ИНФОРМАЦИЯ

Максимальное входное напряжение

Максимальный диапазон напряжения, который можно измерить с помощью VIONIC, составляет ± 10 В. Дифференциальный электрометр VIONIC содержит схему защиты входа, которая активируется, когда измеренное напряжение выходит за пределы интервала ± 10 В. Это реализовано, чтобы избежать повреждения электрометра. Имейте в виду, что индикатор OVL в динамическом интерфейсе не загорается при таком типе перегрузки по напряжению. Измеренное напряжение будет отсечено при абсолютном значении ± 10 В.



ВНИМАНИЕ

При использовании мощных активных ячеек не пытайтесь рассеивать мощность более 50 Вт с помощью VIONIC. Когда используются активные ячейки, всегда используйте их при мощности ниже 50 Вт.

Всегда подключайте электрохимическую ячейку или тестируемое устройство к правильным коннекторам (кабелям ячейки) VIONIC.

В случае каких-либо сомнений обратитесь к местному дистрибьютору Metrohm Autolab за дальнейшими инструкциями по подключению и установке электрохимической ячейки.

5.4 Подключение клетки Фарадея

Когда электрохимическое приложение требует измерения слабого тока или внешний шум из экспериментальной среды (лаборатории) мешает электрохимическому измерению, рекомендуется использовать клетку Фарадея.

Роль клетки Фарадея заключается в экранировании электрохимической ячейки от любых внешних электромагнитных помех. Для достижения наилучших результатов клетка Фарадея должна создавать общий экран вокруг электрохимического прибора и кабелей ячейки.

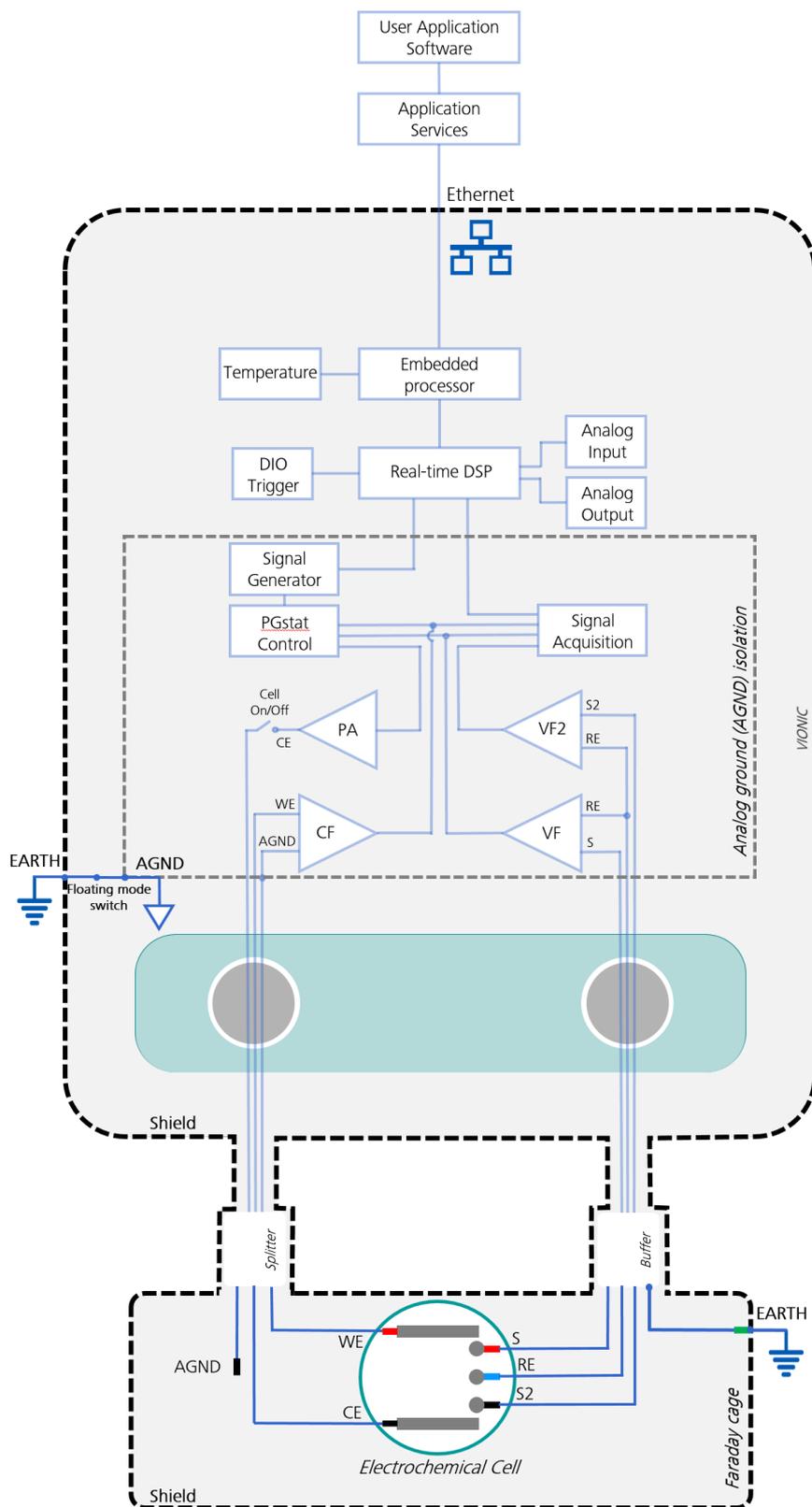


Рисунок 37 Подключение клетки Фарадея и изображение электромагнитного экрана (жирная пунктирная линия). На этой иллюстрации прибор Autolab работает в неплавящем режиме.

Чтобы клетка Фарадея была эффективной, она должна быть подключена к разъему EARTH на мосту Pure signal прибора VIONIC, а съемные адаптивные кабели (между коробками буфера/разветвителя и электрохимической ячейкой) должны находиться внутри Клетка Фарадея, насколько это возможно



ВНИМАНИЕ

VIONIC всегда должен быть подключен к заземленной розетке. Разъем EARTH на мосту Pure signal напрямую подключен к земле и, помимо электромагнитного экранирования, он также играет важную роль в безопасности пользователей.



ИНФОРМАЦИЯ

Те же рекомендации относятся к использованию и подключению клетки Фарадея, когда VIONIC работает в *плавающем режиме*.



ВНИМАНИЕ

Когда VIONIC работает в **плавающем режиме**, разъем аналогового заземления (AGND) на мосту Pure signal не должен иметь электрического соединения с землей. Разъем AGND не должен быть подключен ни к клетке Фарадея, ни к разъему EARTH на мосту Pure signal.



ИНФОРМАЦИЯ

Разъем аналогового заземления (AGND) используется только для измерений *амперметра с нулевым сопротивлением (ZRA)* (или электрохимического шума (ECN) в *плавающем режиме*.

5.5 Максимальное входное напряжение

Максимальный диапазон напряжения, который можно измерить между измерительным электродом (S) и электродом сравнения (RE) с помощью VIONIC, составляет ± 10 В. Дифференциальный электрометр VIONIC содержит схему защиты входа, которая активируется, когда измеренное напряжение выходит за пределы интервала ± 10 В. Это реализовано, чтобы избежать повреждения электрометра.

Также реализована схема обнаружения перегрузки для измерения напряжения между вторым измерительным электродом (S2) и электродом сравнения (RE) с той лишь разницей, что максимальное измеряемое напряжение в этом случае составляет ± 50 В.

В зависимости от свойств ячейки гальваностатический контроль ячейки может привести к разности потенциалов между электродом сравнения (RE) и измерительным электродом (S) больше, чем ± 10 В. Эта ситуация также активирует схему обнаружения перегрузки для предотвращения перегрузки дифференциального усилителя. Когда измеренное напряжение выходит за допустимые пределы, загорается индикатор **OVL** на динамическом интерфейсе, указывая на перегрузку по напряжению.



ИНФОРМАЦИЯ

Пожалуйста, не используйте умножитель напряжения в сочетании с VIONIC.

5.6 Окружающие условия эксплуатации

VIONIC можно использовать при температуре от 0 до +40 °С. Прибор откалиброван при 25 °С и будет иметь максимальную точность при этой температуре. Ни в коем случае нельзя загромождать вентиляционные отверстия на нижней и задней панелях, а также размещать прибор под прямым солнечным светом или рядом с другими источниками тепла.

VIONIC предназначен для использования только в лабораторных условиях с относительной влажностью ниже 80%.



ИНФОРМАЦИЯ

VIONIC не предназначен для использования в перчаточном боксе. Условия охлаждения в перчаточном боксе могут быть неудовлетворительными для безопасной работы прибора, и рабочие характеристики прибора не гарантируются.

Если условия эксперимента требуют использования перчаточного бокса, рекомендуется использовать изолированный переходник (заземление переходника не может иметь электрического соединения с корпусом перчаточного бокса). Таким образом, VIONIC будет работать вне перчаточного бокса и будет подключаться к электрохимической ячейке через изолированный переходник.



ВНИМАНИЕ

VIONIC нельзя использовать в вакууме или в условиях с низким давлением. Условия охлаждения электроники не могут быть достигнуты, поэтому перегрев прибора (температурная перегрузка) неизбежен.

5.6.1 Температурная перегрузка прибора

Когда VIONIC работает с высокой мощностью (подаваемой или рассеиваемой), охлаждающий вентилятор прибора переключается на вторую ступень. Это нормальное поведение, заметное по более интенсивному звуку охлаждающего вентилятора.

В качестве меры предосторожности VIONIC оснащен схемой, которая отслеживает температуру внутренней силовой электроники. Температурная перегрузка отображается *красным мигающим светом* (пульсация 3 Гц) на кнопке питания вместе с кодом **Error11** на буквенно-цифровом дисплее динамического интерфейса VIONIC.

Температурная перегрузка считается ошибкой прибора, поэтому при возникновении температурной перегрузки электрохимическая ячейка изолируется от прибора. Нельзя продолжать работу с прибором, пока температура электроники не упадет до приемлемого уровня. Для повторного использования прибор VIONIC необходимо перезагрузить, выключив и снова включив его.

Во время нормальной работы температура никогда не должна становиться слишком высокой, и не должно происходить перегрузки по температуре. Если это все же произошло, необходимо установить источник температурной перегрузки:

- Температура в помещении необычно высокая?

- Находился ли VIONIC в режиме колебаний? (Индикация OSC отображается на дисплее)
- Работает ли вентилятор внутри прибора и все ли вентиляционные отверстия на задней и нижней части прибора свободны?
- Подавала ли ячейка на прибор значительную мощность? См. график мощности VIONIC для определения максимально допустимой мощности в случае активных ячеек.
- Не закорочены ли кабели рабочего электрода (WE) и вспомогательного электрода (CE)? Пожалуйста, убедитесь, что нет.
- Правильно ли подключены адаптивные кабели к мосту Pure signal и к электрохимической ячейке?



ИНФОРМАЦИЯ

VIONIC оснащен регулятором скорости вращения охлаждающего вентилятора. Это нормальное поведение, когда скорость охлаждающего вентилятора изменяется в зависимости от потребляемой мощности во время измерения.



ИНФОРМАЦИЯ

Если температурная перегрузка повторяется без видимой причины, обратитесь к местному представителю службы технического обслуживания Metrohm Autolab.

6 Установка ИНТЕЛЛО

В этом разделе содержится информация об установке INTELLO на главный компьютер.

6.1 Требования к компьютеру и сети

В этом разделе описаны требования к компьютеру и системе, необходимые для работы INTELLO с ожидаемым поведением и производительностью.

Требования к программному обеспечению

- Операционная система: Windows 10 64 бит
- Дополнительное ПО: .NET framework 4.7.2 или новее

Требования к компьютеру

- Процессор (CPU): Core i5 или аналогичный процессор AMD
- Физическая память (RAM): 8 ГБ
- Разрешение экрана: Full HD (1920x1080) или выше
- Место на жестком диске (HD) / объем памяти:
 - Минимум для установки: 200 МБ
 - Рекомендуется для хранения данных: 320 ГБ



ИНФОРМАЦИЯ

Типичное измерение CV дает примерно 600 КБ данных.

Типичное измерение EIS дает примерно 150 КБ данных.

- Видеокарта/графический процессор: графический адаптер уровня DirectX11 или новее с графическим оборудованием, совместимым с DirectX11.
- Порт Ethernet: рекомендуется

Требования к сети и аксессуарам

- Сеть (рекомендуется):
 - Ethernet: 100 Мбит/с с кабелем категории 5
 - Роутер или LAN: 100 Мбит/с, стабильная и постоянная
 - DHCP-сервер: присутствует
 - Связь: через TCP/IPv4

- Сеть (вариант):
 - Прямое соединение между компьютером и прибором VIONIC: кабель Ethernet категории 5
 - Адаптер Ethernet-USB (только при необходимости): USB 2 или лучше, 100 Мбит/с
- Указательное устройство: рекомендуется использовать мышь для удобства и эргономики. Возможно использование сенсорного экрана.

6.2 Лицензионное соглашение на программное обеспечение Metrohm Autolab INTELLO

Введение

Внимательно прочтите этот документ перед заказом, загрузкой, установкой или использованием программного обеспечения INTELLO. Настоящее Лицензионное соглашение с конечным пользователем (**EULA**) представляет собой юридическое соглашение между вами, будь то индивидуальный пользователь или клиент - юридическое лицо (далее именуемое в этом документе как ЗАКАЗЧИК) и Metrohm Autolab BV, частной компанией с ограниченной ответственностью, зарегистрированной и существующей в соответствии с законодательством Нидерландов, имеющей юридический адрес: Kanaalweg 29-G, 3526 KM Utrecht, Netherlands, зарегистрированной в торговом реестре голландской торговой палаты под номером 30128927 (далее именуемой METRONM AUTOLAB), которое регулирует использование вами программного обеспечения, как указано в форме заказа или в документе заказа (включая любые его обновления или усовершенствования (далее именуемые ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ)). Вы подтверждаете свое согласие соблюдать условия настоящего Лицензионного соглашения, заказывая, загружая, устанавливая или используя ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. Если вы не принимаете или не соглашаетесь с данным Лицензионным соглашением, не заказывайте, не загружайте, не устанавливайте и не используйте ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ и возвращайте ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ своему торговому представителю или в METRONM AUTOLAB. Если вы принимаете настоящее Лицензионное соглашение с конечным пользователем от имени какой-либо корпорации, товарищества или другого юридического лица, вы заявляете и гарантируете, что юридически уполномочены связать таковое юридическое лицо данным Лицензионным соглашением.

1. Software license

- a. Subject to CUSTOMER's compliance with this EULA and payment of the fees, METROHM AUTOLAB hereby grants CUSTOMER a non-transferrable and non-exclusive right to use this SOFTWARE. The SOFTWARE is licensed, not sold to you by METROHM AUTOLAB. METROHM AUTOLAB reserves any rights not expressly granted to you.
- b. Except as expressly permitted under this EULA, CUSTOMER is not entitled to (a) modify, alter or translate the SOFTWARE or any copy of it in any form to any third party nor create any derivative works from it; (b) remove from or change in the SOFTWARE any designation concerning copyrights, trademarks or other intellectual property rights, including any indications concerning the confidential nature of the SOFTWARE (c) decompile, reverse engineer, disassemble, or seek to reconstruct or discover any humanly readable form of code of the SOFTWARE except to the extent allowed by applicable law (d) attempt to disable or circumvent any of the licensing mechanisms within the SOFTWARE, or (e) rent, lend, lease, assign, sub-license, resell, redistribute the SOFTWARE or otherwise pass it on to third parties except in conjunction with its use with analysis devices of the Metrohm Group and only if the third party expressly agrees to the terms of this EULA in writing.
- c. CUSTOMER may only make copies of the SOFTWARE in a reasonable number and only for backup or archival purposes consistent with this EULA. CUSTOMER shall include METROHM AUTOLAB's copyright, trademarks and other proprietary rights notices, as contained in the original copy of the SOFTWARE, on every copy CUSTOMER makes of the SOFTWARE.
- d. CUSTOMER undertakes to (a) monitor and control the use of the SOFTWARE in accordance with the terms of this EULA and (b) to maintain accurate and up-to-date-records of number of registered users of the SOFTWARE.
- e. Third Party Materials. The SOFTWARE may include certain open source software and/or other third party software, data or other materials (further referred to as THIRD PARTY MATERIALS) that are separately licensed to CUSTOMER by the respective owners or licensors. CUSTOMER's use of such THIRD PARTY MATERIALS is subject to the applicable open source or third party license terms and conditions and not this EULA. The applicable license terms and conditions and other information related to such THIRD PARTY MATERIALS (including any available source codes) are described in the SOFTWARE under 'About'.

- f. Feedback. If CUSTOMER chooses to provide METROHM AUTOLAB with ideas or suggestions regarding the SOFTWARE, CUSTOMER agrees that METROHM AUTOLAB is free to use any such ideas and suggestions for any purpose, including, without limitation, developing, improving and marketing the SOFTWARE, without any liability or payment of any kind to METROHM AUTOLAB.

2. Fees and payment

- a. In consideration of the license granted under this EULA, CUSTOMER shall pay the reseller the applicable Fees as specified in the order form or ordering document. The Fees shall be paid in accordance with the payment terms specified in the order form or ordering document of its reseller.

3. Intellectual property rights

- a. All copyrights and all other intellectual property regarding the SOFTWARE as well as all parts and copies thereof shall remain solely vested in METROHM AUTOLAB or its licensors and shall not be assigned to CUSTOMER or any third party. CUSTOMER acknowledges these rights and shall refrain from any form of direct or indirect violation of these rights and shall not remove from or change in the SOFTWARE any designation concerning copyrights, trademarks or other intellectual property rights, including any indications concerning the confidential nature of the SOFTWARE.
- b. METROHM AUTOLAB shall have no liability for any claim of infringement of any intellectual property rights that is based on: (i) the use of other than the latest version of SOFTWARE, if such infringement could have been avoided by the use of the latest version; (ii) the use or combination of the SOFTWARE with software, hardware or other materials not approved by METROHM AUTOLAB, (iii) use of the SOFTWARE in a manner other than that for which it was designed or contemplated; (iv) any modification of the SOFTWARE made by CUSTOMER or a third party; or (v) any THIRD PARTY MATERIALS.
- c. In the event that a judgement or any injunction shall be obtained against CUSTOMER's use or possession of the SOFTWARE, METROHM AUTOLAB shall, at its expense and option, promptly (i) replace the SOFTWARE with a compatible, functionally equivalent, non-infringing software product; (ii) modify the SOFTWARE or take other action so that the SOFTWARE becomes non-infringing while maintaining the equivalent functionality; (iii) procure the right of CUSTOMER to continue using the SOFTWARE; or (iv) terminate the license and CUSTOMER's use of the SOFTWARE.
- d. Any further liability of METROHM AUTOLAB regarding the infringement of third party intellectual property rights is explicitly excluded.

4. Confidentiality

- a. The SOFTWARE is and contains valuable confidential information of METROHM AUTOLAB. Confidential information means non-public technical and non-technical information relating to the SOFTWARE, including, without limitation, trade secret and proprietary information, and the structure and organization of the SOFTWARE.
- b. CUSTOMER shall keep confidential the SOFTWARE or any part or any copy thereof and CUSTOMER shall not disclose the same to third parties without the prior written consent of METROHM AUTOLAB.
- c. CUSTOMER shall take all necessary measures to safeguard the confidentiality of the SOFTWARE or any part or any copy thereof and to prevent the disclosure, use, copying, publication or dissemination of the same to a third party.

5. Updates

- a. METROHM AUTOLAB may from time to time in its sole discretion develop and make available updates, which may include bug fixes, patches, security updates, enhancements and other error corrections and/or new features (further referred to collectively, including related documentation as UPDATE(S)). UPDATES may also modify or delete in their entirety certain features and functionalities of the SOFTWARE and METROHM AUTOLAB has no obligation to provide or enable any particular features or functionalities.
- b. CUSTOMER will receive a notification to download and install UPDATES when available. In addition to such notifications, METROHM AUTOLAB recommends to regularly check the SOFTWARE to see whether UPDATES are available. Before installing an UPDATE CUSTOMER should make a back-up of the information and/or data processed with the SOFTWARE.
- c. CUSTOMER shall download and install the UPDATES as they are made available and acknowledges and agrees that the SOFTWARE or portions thereof may not properly operate should CUSTOMER fail to download and install the UPDATES. All UPDATES will be deemed part of the SOFTWARE and be subject to all terms and conditions of this EULA.

6. Term and termination

- a. This EULA shall run for the initial term specified in order form or ordering document. If no initial term is specified in the order form or the ordering document, the initial term shall be one (1) year. After the initial terms this EULA will automatically renew for subsequent terms of one (1) year unless either party terminates this EULA at the end of the then current period by giving a three (3) months written notice. CUSTOMER may terminate this EULA by notifying METROHM AUTOLAB thereof and removing the SOFTWARE from its devices and providing written notice to METROHM AUTOLAB. METROHM AUTOLAB may at any time immediately terminate this EULA and CUSTOMER's use of the SOFTWARE if CUSTOMER breaches any term of this EULA and CUSTOMER fails to cure such breach within 30 days of METROHM AUTOLAB's written notice describing such breach. Upon such termination, CUSTOMER shall cease using the SOFTWARE and remove all copies of the SOFTWARE and any part of the SOFTWARE from any and all computer storage devices and destroy the SOFTWARE.

7. Limited warranty and limitation of liability

- a. The SOFTWARE and related documentation are provided “AS IS”. METROHM AUTOLAB warrants that the SOFTWARE (i) will substantially conform to the documentation accompanying the SOFTWARE and, when operated properly and in compliance with this EULA and the documentation, (ii) is suitable for the specified use with electrochemical instrumentation from METROHM AUTOLAB or compatible external instrumentation. METROHM AUTOLAB expressly disclaims all other warranties, whether express, implied, or statutory including without limitation any implied warranties of merchantability, satisfactory quality, fitness for a particular purpose, accuracy, timeliness, title, or non-infringement of third-party rights, to the fullest extent authorized by law.
- b. CUSTOMER is responsible for the use of the SOFTWARE, the information and/or data processed with the SOFTWARE and for the decisions that CUSTOMER may make by using the SOFTWARE. CUSTOMER is recommended to make a backup of the information and/or data processed with the SOFTWARE on a regular basis.
- c. In no event will METROHM AUTOLAB be liable for any loss or damages whatsoever, resulting from CUSTOMER’s use of the SOFTWARE, including without limitation third-party damage or consequential damage, damages to equipment, loss of samples, loss of use, loss of data, loss of profits, interruption of business, except for any loss or damages that (i) have been caused by willful intent or gross negligence of METROHM AUTOLAB or (ii) that cannot be excluded by law.
- d. METROHM AUTOLAB will have no warranty obligations and/or liability with respect to (i) SOFTWARE which has been modified by CUSTOMER or on behalf of CUSTOMER; (ii) malfunctions caused by CUSTOMER’s use or operation of the SOFTWARE with any hardware, software or media not authorized by METROHM AUTOLAB or not in accordance with this EULA or the documentation; or (iii) any THIRD PARTY MATERIALS.

8. Governing law and disputes

- a. This EULA and all disputes arising from it will be governed by the laws of the Netherlands.
- b. The parties shall use their best efforts to negotiate in good faith and settle amicably any dispute that may arise out of or relate to this EULA or breach thereof. If the parties cannot reach an amicable settlement, all disputes arising in connection with this EULA shall be referred to the competent civil court in the Netherlands.

9. Miscellaneous

- a. Severability and invalidity. If parts of this EULA prove to be null and void or legally ineffective now or in the future, the remainder of this EULA continues to apply. This EULA must then be interpreted and applied so that the intended purpose of the ineffective section is nevertheless achieved to the greatest extent possible.
- b. Entire agreement. This EULA together with any order form or ordering document constitute the entire agreement between METROHM AUTOLAB and CUSTOMER regarding the use of the SOFTWARE and supersedes all prior agreements and understandings. No distributor, reseller, partner, sales person, employee or other person is authorized to modify this EULA or to make any representation, warranty or promise that is different from, or in addition to, this EULA. METROHM AUTOLAB is not in any way or manner bound to such representations, warranties or promises.
- c. Changes to EULA. METROHM AUTOLAB may change this EULA from time to time in its sole discretion. CUSTOMER's continued use of the SOFTWARE after notification of any changes has been provided to CUSTOMER or posted on METROHM AUTOLAB's or Metrohm Group website constitutes CUSTOMER's acceptance of such changes.
- d. No assignment. CUSTOMER shall not assign or delegate or otherwise deal with all or any of its rights or obligations under this EULA. METROHM AUTOLAB shall have the right to assign or otherwise delegate all or any of its rights or obligations under this EULA to any person or entity.
- e. Publicity. CUSTOMER hereby grants METROHM AUTOLAB the right to list CUSTOMER as a CUSTOMER of METROHM AUTOLAB along with other customers in marketing materials such as the METROHM AUTOLAB or Metrohm Group web site, presentations and press releases.
- f. Contact Information. All notices required or authorized under this EULA must be in writing and shall be sent to Metrohm Autolab B.V. at:
Metrohm Autolab B.V.
Kanaalweg 29G
3526 KM Utrecht
The Netherlands
We can be reached by email at autolab@metrohm.com or by telephone at +31 030 289 3154.

All rights reserved. © Metrohm Autolab B.V., the Netherlands – June 2020
– Version 1.0.

7 Примечания к выпускам

В этой главе описываются примечания к выпускам текущей и предыдущей версий INTELLO. Примечания к выпускам представлены в обратной хронологии. Были выпущены следующие версии:

- **Версия 1.0:** Первоначальный основной выпуск INTELLO *Версии 1.0* (см. главу 7.1). Эта версия была выпущена 1 марта 2021 года.
- **Версия 1.1:** Незначительное обновление INTELLO 1.0 *Версии 1.1* (см. главу 7.2)

7.1 Выпуск версии 1.0

INTELLO 1.0 – это программное обеспечение нового поколения от Metrohm Autolab, которое оснащено функциями, экономящими время и оптимизирующими любой рабочий процесс. Исследования и разработки VIONIC на базе INTELLO основывались на более чем 30-летнем опыте работы с клиентами. Каждая функция была создана для удовлетворения требований электрохимических исследований и улучшения ваших повседневных открытий.

- **Просто улучшенные процедуры:** INTELLO обеспечивает рабочие процессы как для поисковых, так и для рутинных измерений.
- **Редактор последовательности процедур:** создайте свою уникальную процедуру с помощью простых в использовании плиток команд и избегайте ошибок, отображая последовательность эксперимента от первых настроек до конечного состояния и каждого промежуточного шага. INTELLO отображает в реальном времени ход выполнения команды и состояние во время прогона.
- **Основные параметры:** отображаются только выбранные вами параметры, что оптимизирует рабочий процесс и упрощает выполнение рутинных измерений.
- **Комбинированные графики:** настройте обзор нескольких графиков, комбинируя графики из разных командных плиток простым перетаскиванием. INTELLO обеспечивает автоматическое раскрашивание наборов новых и повторяющихся данных.

7.2 Выпуск версии 1.1

В INTELLO 1.1 исправлено несколько ошибок и реализованы следующие функциональные возможности и улучшения:

- **Извлечение процедур из прогонов.** В INTELLO добавлена кнопка
- **В измерение OCP добавлена опция Ассепт.** Измерение OCP можно принять в любое время, нажав кнопку **Ассепт** в окне измерения.
- **Высота ступени скорректирована в соответствии с разрешающей способностью прибора.** Для лестничных команд CV и LSV высота ступени корректируется до фактического значения, определяемого разрешающей способностью прибора. В пользовательский интерфейс добавляется всплывающая подсказка, показывающая исправленные значения.
- **Определяемое пользователем количество видимых циклов / итераций на графике.** Количество видимых циклов / итераций на графике теперь по умолчанию ограничено 100. Пользователь может установить любое число на панели настроек графика (например, если установлено значение 5, на графике будут видны только последние 5 циклов/итераций)
- **Улучшена производительность построения графиков.** Производительность построения графиков значительно повышена. Теперь можно запускать измерения с большим количеством итераций/циклов без существенной задержки отображения графиков.
- **Отношение сигнал / шум в линейном CV и линейном LSV.** Улучшено отношение сигнал / шум в методах линейного (аналогового) сканирования.
- **Выполнение высокоскоростных хронометрических методов.** Улучшена производительность высокоскоростных хронометрических методов.

8 Процедуры

В этом разделе описываются процедуры в INTELLO.

8.1 Блок настроек процедуры

Общее использование блока настроек процедуры заключается в указании настроек, связанных с процедурой. Блок настроек процедуры уникален, поскольку он всегда присутствует в процедуре, но не является частью последовательности процедуры и не является плиткой команды. Настройки, которые здесь регулируются, актуальны от начала процедуры и до времени после ее завершения.

Общий обзор

- **Procedure name (Имя процедуры) и Description (Описание):** эти поля используются для добавления дополнительной информации о процедуре и идентификации процедуры позже.
- **Tags (Теги):** Теги могут быть добавлены для быстрой классификации процедуры. Теги отображаются в **Обзревателе процедур** и могут использоваться для поиска и фильтрации процедур.
- Required system (Требуемая система):** Эта функция актуальна при подготовке процедур без подключенной рабочей системы. Кнопка открывает новое окно, в котором можно определить тип рабочей системы, *минимально* необходимой для запуска данной процедуры. Если процедура не назначена подключенной рабочей системе, она будет проверена на соответствие требуемой конфигурации рабочей системы. Это означает, что ошибки или предупреждения, показанные в процедуре, относятся к возможностям требуемой рабочей системы.
- **Unit scaling (Масштабирование единиц измерения):** эти настройки позволяют удобно масштабировать потенциал и ток на протяжении всей процедуры. Выбранный здесь порядок величины будет использоваться для масштабирования входных данных и отображаемых значений, относящихся к соответствующим сигналам в командных плитках и графиках на протяжении всей процедуры. Эти настройки предназначены для удобства и не имеют технического влияния на то, как применяются или собираются сигналы.
 - **Потенциал:** можно масштабировать в В или мВ.
 - **Ток:** можно масштабировать в А, мА или мкА.

Конечное состояние

Желаемое конечное состояние процедуры можно настроить на вкладке **End state (Конечное состояние)**. Конечное состояние относится к состоянию рабочей системы, когда процедура завершена. Оно также будет применяться, если процедура прерывается принудительно из-за ошибки или в результате выполнения Правила.

Конечное состояние инструмента

По умолчанию **Конечное состояние** – Ячейка отключена. Можно задать конечное состояние, установив флажки для соответствующих настроек и настроив следующие параметры:

- **Mode (Режим):** потенциостатический или гальваностатический. Необходимо определить уставку при изменении режима. На это указывает символ слияния, расположенный рядом с этими настройками.
- **Potential / Curren (Потенциал / Ток):** ввод для установки потенциала или тока. Это поле будет автоматически настроено для ввода потенциала или тока, в зависимости от настройки **Режима**.
- **Cell (Ячейка):** когда переключатель включен, ячейка будет включена при применении Конечного состояния.

9 Командные плитки

В этом разделе описываются командные плитки INTELLLO и способы их использования.

9.1 Командная плитка "Apply" (Применить)

Обычно команда **Apply** используется для применения уставки к электрохимической ячейке. Применяемая уставка определяется как потенциал или ток, в зависимости от настройки режима работы системы (т. е. потенциостатический или гальваностатический). Обратите внимание, что команда Применить не изменяет статус подключения / отключения ячейки. В обычной последовательности процедур командная плитка **Apply** предшествует командной плитке **Cell on (Подключить ячейку)**, чтобы ячейка подключалась в контролируемых условиях, или команду Применить можно поместить в последовательность, где ячейка уже подключена, чтобы просто изменить заданное значение.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Potential / Current (Потенциал / Ток):** ввод для уставки потенциала или тока. Это поле будет автоматически настроено для ввода потенциала или тока, в зависимости от **Режима**.
- **Add stabilization time (Добавить время стабилизации):** когда этот переключатель включен, заданное время стабилизации будет добавлено после применения настроек.

Примечание: Команда **Apply** не является бесстыковой. Для выполнения этой команды требуется минимум 20 мс.

9.2 Командная плитка "Apply settings" (Применить настройки)

Обычно команда **Apply settings** используется для указания настроек, относящихся к рабочей системе. Рекомендуется иметь одну командную плитку **Apply settings** в начале любой процедуры. Дополнительные командные плитки Применить настройки могут быть размещены в любой точке последовательности процедур для изменения одного или нескольких параметров. Параметры этой команды сопровождаются флажком. Установленный флажок указывает, что этот параметр должен применяться при выполнении команды. Когда флажок не установлен, параметр останется без изменений по сравнению с предыдущим значением. Настройки параметров команды **Apply settings** наследуются либо от (i) предыдущей командной плитки Apply settings, либо (ii) последней настройки другой командной плитки измерения, либо (iii) настройки, примененной с ручным управлением, в зависимости от того, какая из них была последней.

Основные настройки прибора

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Mode (Режим):** определяет режим как потенциостатический или гальваностатический.
- **Potential / Current (Потенциал / Ток):** ввод для уставки потенциала или тока. Это поле будет автоматически настроено для ввода потенциала или тока, в зависимости от настройки **Режима**.
- **Cell (Ячейка):** когда этот переключатель включен, ячейка будет подключена при выполнении команды.

Примечание: необходимо определить уставку при изменении режима. При необходимости это обозначается символом слияния, расположенным рядом с полями ввода при изменении режима.

Общие настройки

- **Add stabilization time (Добавить время стабилизации):** когда этот переключатель включен, заданное время стабилизации будет добавлено после применения настроек.

Дополнительные настройки

Как правило, эти параметры не требуют настройки. Если оставить значения по умолчанию или автоматические настройки, эти параметры будут оптимизированы прибором для обеспечения наилучшего качества измерения с учетом команд измерения и параметров, используемых в процедуре.

Настройки контура управления

- **Bandwidth selection (Выбор полосы пропускания):** когда переключатель Автоматический выбор полосы пропускания включен, наиболее подходящая полоса пропускания для каждой команды измерения будет выбрана автоматически. Когда переключатель отключен, настройку пропускной способности можно выбрать с помощью ползунка. Отображается скорость выбранной полосы пропускания.
- **Oscillation protection (Защита от колебаний):** когда этот переключатель включен, при возникновении колебаний ячейка будет автоматически отключена (ток не будет протекать через ячейку) и процедура будет прервана. Защита от колебаний включена по умолчанию.

Настройки измерения

■ **Переключатель выбора диапазона тока:** если переключатель для автоматического выбора диапазона тока включен, наиболее подходящий диапазон тока будет выбран автоматически. Это делается динамически, поэтому в одной команде измерения может использоваться несколько диапазонов тока. При включенном автоматическом диапазоне тока начальный диапазон тока можно выбрать с помощью ползунка. Рекомендуется выбирать значение, близкое к ожидаемому начальному току в электрохимической ячейке, чтобы облегчить быструю оптимизацию.

Когда этот переключатель отключен, фиксированный датчик тока можно выбрать с помощью ползунка. Внешний вид ползунка изменится, чтобы дать визуальное представление о качестве измерения тока с выбранным диапазоном тока:

– **Красный:** ток в этой области слишком высок для выбранного диапазона тока.

Произойдет перегрузка, и текущий собранный сигнал будет обрезан. Измеренные точки данных недостоверны.

– **Зеленый:** выбранный датчик тока обеспечивает наилучшую точность и чувствительность для тока, измеренного в этой области.

– **Серый:** выбранным датчиком можно измерять токи в этой области, но точность и чувствительность измерения не оптимальны.

Примечание: В гальваностатическом режиме нельзя использовать автоматический выбор диапазона тока. С помощью ползунка необходимо выбрать наиболее подходящий диапазон тока для измерения.

Примечание: Команда **Apply settings** не является бесстыковой. Для выполнения этой команды требуется минимум 27 мс.

9.3 Командная плитка "Cell on" (Подключить ячейку)

Обычно команда **Cell on** используется для перевода электрохимической ячейки в подключенное состояние, что означает, что ток может протекать между рабочим электродом и вспомогательным электродом. Рекомендуется, чтобы ячейка подключалась в контролируемом электрохимическом состоянии с уже определенной уставкой (тока или потенциала). Команду **Apply settings** или команду **Apply** следует поместить в последовательность процедур, предшествующую команде **Cell on**.

Параметры

■ **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

■ **Cell (Ячейка):** Когда этот переключатель включен, ячейка будет подключена при выполнении команды. Команду **Cell on** также можно использовать для *отключения* ячейки в желаемой точке последовательности процедур путем выключения переключателя **Cell**. Когда ячейка отключена, ток между рабочим и вспомогательным электродом не течет.

- **Add stabilization time (Добавить время стабилизации):** когда этот переключатель включен, заданное время стабилизации будет добавлено после того, как ячейка будет подключена (или отключена).

Примечание: Команда **Cell on** не является бесстыковой. Для выполнения этой команды требуется минимум 27 мс.

9.4 Плитка команд "**Chrono methods**" (Хронометоды)

Обычно команда **Chrono methods** используется для выполнения любого из следующих измерений: хроноамперометрия, хронопотенциометрия или хронокулометрия. Хроноамперометрия выполняется путем помещения команды Хронометоды в последовательность, где установлен **потенциостатический** режим с помощью предыдущей командной плитки **Apply settings**. Подобным образом, хронокулометрия выполняется в потенциостатическом режиме путем наблюдения и построения графика сигнала WE.Charge. Хронопотенциометрия выполняется с помощью команды **Chrono methods** в последовательности, где установлен **гальваностатический** режим.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Potential / Current (Потенциал / Ток):** ввод для установки потенциала или тока. Это поле будет настроено автоматически в зависимости от параметра **Mode (Режим)** на ближайшей предшествующей командной плитке **Apply settings**.
- **Duration (Продолжительность):** продолжительность измерения.
- **Sampling interval (Интервал дискретизации):** время между двумя последовательными точками выборки.

Estimated number of points (Предположительное число точек): здесь отображается число точек данных, которые будут получены (только для чтения) в соответствии с фактическими значениями параметров. Если какой-либо из параметров изменяется во время измерения, эта оценка не будет точной.

9.5 Командная плитка "**CV linear scan**" (CV с линейной разверткой)

Обычно команда **CV linear scan** используется для выполнения электрохимического метода циклической вольтамперометрии. С помощью этой команды осуществляется линейная развертка потенциала (в отличие от команды **CV staircase**, в которой используется лестничная развертка). Эту команду можно использовать только в потенциостатическом режиме; в гальваностатическом режиме CV с линейной разверткой невозможна. Режим задается предыдущей командной плиткой **Apply settings**.

Параметры

Display name (Отображаемое имя): это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

Параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к потенциалу, измеряемому в В или мВ. Потенциал может быть указан относительно *опорного потенциала*, V_{REF} , или *потенциала разомкнутой цепи* (ОСР), V_{OCP} . Когда используется V_{OCP} , перед командой **CV linear scan** требуется измерение ОСР.

- **Start at (Старт при):** Начальное значение должно быть между двумя значениями вершин. Чтобы начать за пределами границ вершин, используйте переключатель *Pre-scan from the last applied value* (*Предварительное сканирование от последнего примененного значения*) и поместите командную плитку **Apply** перед командной плиткой **CV linear scan**.
- **First vertex (Первая вершина):** значение первой вершины.
- **Second vertex (Вторая вершина):** значение второй вершины.
- **Stop at (Стоп при):** Развертка сигнала останавливается на этом значении. Значение этого параметра не ограничивается границами вершин.

Направление сканирования определяется значением параметра **First vertex** по отношению к значению **Start at**. Когда первая вершина больше начального значения, сканирование проводится в прямом направлении; когда первая вершина меньше начального значения, сканирование проводится в обратном направлении.

- **Number of cycles (Число циклов):** Цикл определяется как пересечение обеих вершин. В это поле можно вводить только целые числа.
- **Add an extra half cycle at the end (Добавить дополнительную половину цикла в конце):** Когда этот переключатель включен, в конец сигнала добавляется дополнительная половина цикла. Дополнительная половина цикла равна одному дополнительному пересечению вершины перед переходом к конечному значению.
- **Pre-scan from the last applied value (Предварительное сканирование от последнего примененного значения):** Когда этот переключатель включен, потенциал будет сканироваться от последней примененной уставки предыдущей командной плитки в последовательности до значения **Start at**, используя **Scan rate (скорость сканирования)**, заданную в команде **CV staircase**. Этот сегмент данных CV будет помечен как *Cycle 0* в таблице данных.

График формы волны CV отображается со свойствами команды. Этот график обновляется в соответствии с введенными параметрами и помогает визуализировать применяемую форму сигнала.

- **Scan rate (Скорость сканирования):** Скорость сканирования потенциала. Скорость сканирования всегда положительна, независимо от направления сканирования.
- **Potential interval (Интервал потенциала):** разность потенциалов между двумя последовательными точками выборки. Поскольку потенциал изменяется линейно, а не ступенчато, этот параметр не оказывает никакого влияния на профиль приложенного потенциала. Интервал потенциала всегда положителен, независимо от направления сканирования.
- **Sampling interval (Интервал дискретизации):** время между последовательными точками выборки. **Скорость сканирования, Интервал потенциала и Интервал дискретизации** являются взаимосвязанными параметрами, можно задать только два из трех из них. Когда введены два из этих параметров, третий рассчитывается автоматически.

- **Estimated number of points per cycle (Предположительное число точек за цикл):** число точек данных за цикл CV отображается (только для чтения) в соответствии с фактическими значениями параметров. Если параметры изменяются во время измерения, эта оценка может быть неточной.

9.6 Командная плитка "CV staircase" (CV с лестничной разверткой)

Общее использование команды **CV staircase** заключается в выполнении электрохимического метода лестничной циклической вольтамперометрии либо в потенциостатическом, либо в гальваностатическом режиме. Режим задается предыдущей командной плиткой **Apply settings**.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

Параметры, описывающие применяемую форму волны, будут представлены по-разному, в зависимости от режима:

- **Potentiostatic CV staircase (Потенциостатическая лестничная CV):** параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к потенциалу в единицах В (или мВ). Потенциал может быть указан относительно *опорного потенциала*, V_{REF} , или *потенциала разомкнутой цепи* (ОСР), V_{OCP} . Когда используется V_{OCP} , перед командой **CV staircase** требуется измерение ОСР.

- **Galvanostatic CV staircase (Гальваностатическая лестничная CV):** параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к току в единицах А (или мА или мкА).

- **Start at (Старт при):** Начальное значение должно быть между двумя значениями вершин. Чтобы начать за пределами границ вершин, используйте переключатель *Pre-scan from the last applied value* (Предварительное сканирование от последнего примененного значения) и поместите командную плитку **Apply** перед командной плиткой **CV staircase**.

- **First vertex (Первая вершина):** значение первой вершины.

- **Second vertex (Вторая вершина):** значение второй вершины.

- **Stop at (Стоп при):** Развертка сигнала останавливается при этом значении.

Значение этого параметра не ограничивается границами вершин.

Направление сканирования определяется значением параметра **First vertex** по отношению к значению **Start at**. Когда первая вершина больше начального значения, сканирование проводится в прямом направлении; когда первая вершина меньше начального значения, сканирование проводится в обратном направлении. Сканирование всегда проводится от значения **Start at** до первой вершины.

- **Number of cycles (Число циклов):** Цикл определяется как пересечение обеих вершин. В это поле можно вводить только целые числа.

- **Add an extra half cycle at the end (Добавить дополнительную половину цикла в конце):** Когда этот переключатель включен, в конец сигнала добавляется дополнительная половина цикла. Дополнительная половина цикла равна одному дополнительному пересечению вершины перед переходом к конечному значению.
- **Pre-scan from the last applied value (Предварительное сканирование от последнего примененного значения):** Когда этот переключатель включен, потенциал (или ток в случае гальваностатической CV) будет сканироваться от последней примененной уставки предыдущей командной плитки в последовательности до значения **Start at**, используя **Scan rate (Скорость сканирования)**, заданную в команде **CV staircase**. Этот сегмент данных CV будет помечен как *Cycle 0* в таблице данных.

График формы волны CV отображается со свойствами команды. Этот график обновляется в соответствии с введенными параметрами и помогает визуализировать применяемую форму сигнала.

- **Scan rate (Скорость сканирования):** скорость, с которой будет сканироваться приложенный сигнал (потенциал в потенциостатической CV, ток в гальваностатической CV). Скорость сканирования всегда положительна, независимо от направления сканирования.
- **Step height (Высота ступени):** В лестничной CV приложенный сигнал применяется дискретными ступенями с фиксированной высотой ступени. Значение высоты ступени всегда положительное, независимо от направления сканирования.
- **Step duration (Длительность ступени):** Время между двумя последовательными ступенями. В лестничной CV одна точка данных выбирается за одну ступень, поэтому длительность ступени также является интервалом выборки. Изменение длительности ступени изменит значение *Estimated number of point per cycle (Предположительное число точек за цикл)*, которое отображается рядом с полем ввода длительности ступени.

The **Scan rate**, **Step height**, and **Step duration** являются взаимосвязанными параметрами, можно задать только два из трех из них. Когда введены два из этих параметров, третий рассчитывается автоматически.

- **Estimated number of point per cycle (Предположительное число точек за цикл):** Число точек данных за цикл CV отображается (только для чтения) в соответствии с фактическими значениями параметров. Если параметры изменяются во время измерения, эта оценка может быть неточной.

9.7 Командная плитка "EIS frequency scan" (EIS с частотным сканированием)

Команда **EIS frequency scan** используется для выполнения измерения спектроскопии электрохимического импеданса (EIS). Команду можно использовать как в потенциостатическом, так и в гальваностатическом режиме. Режим задается предыдущей командой **Apply settings**. Некоторые параметры будут представлены по-разному в зависимости от режима.

Potentiostatic EIS frequency scan (Потенциостатическая EIS с частотным сканированием): параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к потенциалу, в единицах В (или мВ).

Galvanostatic EIS frequency scan (Гальваностатическая EIS с частотным сканированием): параметры, относящиеся к применяемой форме сигнала, относятся к току, измеряемому в единицах А (или мА, мкА).

Командная плитка **Apply settings** или **Apply** обычно размещается перед командой **EIS frequency scan** в последовательности процедур, чтобы определить уставку (фиксированный потенциал или ток), на которую будет наложена синусоидальная волна.

Общие параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **First frequency (Первая частота):** частота первой приложенной синусоидальной волны в частотном сканировании. Обычно рекомендуется начинать с самой высокой желаемой частоты.
- **Last frequency (Последняя частота):** частота последней приложенной синусоидальной волны в частотном сканировании. Обычно рекомендуется заканчивать на самой низкой желаемой частоте.
- **Amplitude (Амплитуда):** амплитуда приложенной синусоидальной волны. Единицы зависят от указанного режима и выбора определения амплитуды из раскрывающегося меню. Амплитуда синусоидальной волны может быть определена на основе значения RMS (среднеквадратичное значение) или значения TOP (пиковое значение). Обратите внимание, что среднеквадратическая амплитуда синусоидальной волны составляет примерно 0.71 (а конкретно $\frac{1}{2} \sqrt{2}$) от ее максимального значения.

Параметры частотного спектра

- **Distribution (Распределение):** тип распределения, используемый для расчета значений частоты, которые будут применяться при частотном сканировании. Возможно линейное и логарифмическое распределение частот.
- **No. of frequencies (Число частот):** введите и выберите количество частот, которые будут применяться во время частотного сканирования. Можно указать количество частот в целом или на декаду.

Дополнительные параметры

Оптимизация измерений

Оптимизация влияет на качество результата, а также на время, необходимое для проведения частотного сканирования. На каждой частоте измерение импеданса будет происходить в течение нескольких периодов синусоидального сигнала. Измеренные данные усредняются до одного периода для улучшения отношения сигнал / шум, а затем используются для расчета импеданса. Когда измерение EIS оптимизировано для скорости, будет использоваться минимальное количество периодов, которое является практичным для любого заданного значения частоты, и общее время измерения EIS будет коротким. Короткое время измерения идеально подходит, когда ожидается, что шум в регистрируемом сигнале будет низким (например, из-за низкого импеданса электрохимической ячейки или из-за высокой амплитуды приложенного синусоидального сигнала), или когда ожидается, что электрохимическая ячейка не будет стабильной в течение более длительного времени измерения.

Ползунок оптимизации измерения: программное обеспечение оптимизирует измерение EIS в соответствии с приоритетом пользователя, выбранным на ползунке: скорость, качество или баланс того и другого.

Время стабилизации

Стабилизация ячейки в измерениях EIS является необязательной, но настоятельно рекомендуется. Время стабилизации относится к количеству времени, в течение которого синусоидальная волна каждой частоты в частотном сканировании будет применяться к ячейке до того, как будут собраны данные, используемые для расчета импеданса. Время стабилизации полезно, поскольку оно позволяет электрохимической ячейке испытать синусоидальное возмущение и отреагировать на него до того, как будут собраны данные. Выбор времени стабилизации зависит от постоянной времени исследуемой электрохимической ячейки. Ячейки, которые медленно реагируют на возмущение, могут выиграть от более длительного времени стабилизации.

▪ **Apply stabilization time: (Применить время стабилизации):** когда этот переключатель включен, синусоидальная волна будет применяться в течение заданного периода времени, прежде чем будут собраны данные для измерения импеданса. Когда эта функция отключена, данные для измерения EIS будут собираться сразу после подачи синусоидального сигнала.

9.8 Командная плитка "EIS single frequency" (EIS с одной частотой)

Команда **EIS single frequency** используется для выполнения измерения спектроскопии электрохимического импеданса (EIS) с одной частотой. Команду можно использовать как в потенциостатическом, так и в гальваностатическом режиме. Режим задается предыдущей командой **Apply settings**. Некоторые параметры будут представлены по-разному в зависимости от режима.

Potentiostatic EIS single frequency (Потенциостатическая EIS с одной частотой): параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к потенциалу в единицах В или мВ.

Galvanostatic EIS single frequency (Гальваностатическая EIS с одной частотой): параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к току в единицах А, мА или мкА.

Плитка **Apply settings** или **Apply** обычно размещается перед командой **EIS single frequency** в последовательности процедур, чтобы определить уставку (фиксированный потенциал постоянного тока или ток), на которую будет накладываться синусоидальная волна.

Общие параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Frequency (Частота):** частота применяемой синусоидальной волны.
- **Amplitude (Амплитуда):** амплитуда приложенной синусоидальной волны. Единицы зависят от указанного режима и выбора определения амплитуды из раскрывающегося меню. Амплитуда синусоидальной волны может быть определена на основе значения RMS (среднеквадратичное значение) или значения TOP (пиковое значение). Обратите внимание, что среднеквадратическая амплитуда синусоидальной волны составляет примерно 0.71 (а конкретно $\frac{1}{2} \sqrt{2}$) от ее пикового значения.

Дополнительные параметры

Оптимизация измерений

Оптимизация влияет на качество результата, а также на время, необходимое для проведения измерения на одной частоте. Измерение импеданса будет происходить в течение нескольких периодов синусоидальной волны. Измеренные данные усредняются до одного периода для улучшения отношения сигнал/шум, а затем используются для расчета импеданса. Когда измерение EIS оптимизировано для скорости, будет использоваться минимальное количество периодов, которое является практичным для любого заданного значения частоты, и общее время измерения EIS будет коротким. Короткое время измерения идеально подходит, когда ожидается, что шум в регистрируемом сигнале будет низким (например, из-за низкого импеданса электрохимической ячейки или из-за высокой амплитуды приложенного синусоидального сигнала), или когда ожидается, что электрохимическая ячейка не будет стабильной в течение более длительного времени измерения.

Ползунок оптимизации измерения: программное обеспечение оптимизирует измерение EIS в соответствии с приоритетом пользователя, выбранным на ползунке: скорость, качество или баланс того и другого.

Время стабилизации

Стабилизация ячейки в измерениях EIS является необязательной, но настоятельно рекомендуется. Время стабилизации относится к количеству времени, в течение которого синусоидальная волна будет применяться к ячейке до того, как будут собраны данные, используемые для расчета импеданса. Время стабилизации полезно, поскольку оно позволяет электрохимической ячейке испытать синусоидальное возмущение и отреагировать на него до того, как будут собраны данные. Выбор времени стабилизации зависит от постоянной времени исследуемой электрохимической ячейки. Ячейки, которые медленно реагируют на возмущение, могут выиграть от более длительного времени стабилизации.

▪ **Apply stabilization time (Применить время стабилизации):** когда этот переключатель включен, синусоидальная волна будет применяться в течение заданного периода времени, прежде чем будут собраны данные для измерения импеданса. Когда эта функция отключена, данные для измерения EIS будут собираться сразу после подачи синусоидального сигнала.

9.9 Командная плитка "Group" (Группировать)

Обычно команда **Group** используется для структурирования сложной процедуры в редакторе последовательности процедур. Различные командные плитки могут быть сгруппированы вместе в последовательности процедур в контейнере (группе) с определенным **Отображаемым именем**. Использование команды **Group** предоставляет удобную функциональность для структурирования длинных или сложных последовательностей:

- Команды управления и измерения могут быть размещены внутри группы («вложены») с помощью перетаскивания, при этом создается подуровень последовательности.
- При перемещении группы в последовательности процедур все вложенные команды перемещаются вместе с группой.
- При удалении группы из последовательности процедур удаляются и все вложенные командные плитки.
- Если в последовательности процедур выбрана командная плитка **Group**, появится кнопка **Ungroup (Разгруппировать)**. Эта кнопка удаляет команду **Group** и помещает вложенные команды в последовательность в том месте, где раньше находилась плитка **Group**. Первоначальный порядок вложенных команд из группы сохраняется.

Параметры

▪ **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

9.10 Командная плитка "LSV linear scan" (LSV с линейной разверткой)

Обычно команда **LSV linear scan** используется для выполнения электрохимического метода вольтамперометрии с линейной разверткой. С помощью этой команды осуществляется линейная развертка потенциала (в отличие от команды **LSV staircase**, в которой используется лестничная развертка). Эту команду можно использовать только в потенциостатическом режиме; гальваностатическая LSV невозможна. Режим задается предыдущей командной плиткой **Apply settings**.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

Параметры, относящиеся к применяемой форме волны, относятся к потенциалу в В или мВ. Потенциал может быть указан относительно *опорного потенциала*, V_{REF} , или *потенциала разомкнутой цепи* (ОСР), V_{OCP} . Когда используется V_{OCP} , перед командой **LSV linear scan** требуется измерение ОСР.

- **Start at (Старт при):** начальное значение.
- **Stop at (Стоп при):** конечное значение.
- **Scan from the last applied value (Сканировать от последнего примененного значения):** Когда этот переключатель включен, значение **Start at** не будет использоваться, а его поле ввода будет отключено. Вместо этого сканирование начнется с последней примененной уставки. Когда значение **Start at** связано (например, с основным параметром), переключатель будет отключен, а значение **Start at** будет получено из ссылки.

Направление сканирования определяется значением **Stop at** относительно значения **Start at**. Если значение **Start at** больше, чем значение **Stop at**, сканирование проводится в обратном направлении.

- **Scan rate (Скорость сканирования):** Скорость сканирования потенциала. Скорость сканирования всегда положительна, независимо от направления сканирования.
- **Potential interval (Интервал потенциала):** Разность потенциалов между двумя последовательными точками выборки. Поскольку потенциал изменяется линейно, а не ступенчато, этот параметр не оказывает никакого влияния на профиль приложенного потенциала. Интервал потенциала всегда положителен, независимо от направления сканирования.
- **Sampling interval (Интервал дискретизации):** Время между последовательными точками выборки.

Скорость сканирования, Интервал потенциала и Интервал дискретизации являются взаимосвязанными параметрами, можно задать только два из трех из них. Когда два из этих параметров введены, третий рассчитывается автоматически.

- **Estimated number of points (Предположительное число точек):** Число точек данных отображается (только для чтения) в соответствии с фактическими значениями параметров. Если параметры изменяются во время измерения, эта оценка может быть неточной.

9.11 Командная плитка "LSV staircase" (LSV с лестничной разверткой)

Обычное использование команды **LSV staircase** заключается в выполнении электрохимического метода LSV с лестничной разверткой либо в потенциостатическом, либо в гальваностатическом режиме. Режим задается предыдущей командной плиткой **Apply settings**.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем. Параметры, описывающие применяемую форму волны, будут представлены по-разному, в зависимости от режима:
- **Potentiostatic LSV staircase (Потенциостатическая лестничная LSV):** параметры к применяемой формы волны, относятся к потенциалу в единицах В или мВ. Потенциал может быть указан относительно *опорного потенциала*, V_{REF} , или *потенциала разомкнутой цепи* (ОСР), V_{OCP} . Когда используется V_{OCP} , перед командой **LSV staircase** требуется измерение ОСР.
- **Galvanostatic LSV staircase: (Гальваностатическая лестничная LSV):** параметры применяемой формы волны, относятся к току в единицах А, мА или мкА.
- **Start at (Старт при):** начальное значение.
- **Stop at (Стоп при):** конечное значение.
- **Scan from the last applied value (Сканировать от последнего примененного значения):** Когда этот переключатель включен, значение **Start at** не будет использоваться, а его поле ввода будет отключено. Вместо этого сканирование начнется с последней примененной уставки. Когда значение **Start at** связано (например, с основным параметром), переключатель будет отключен, а значение **Start at** будет получено из ссылки.

Направление сканирования определяется значением **Stop at** относительно значения **Start at**. Если значение **Start at** больше, чем значение **Stop at**, сканирование проводится в обратном направлении.

- **Scan rate (Скорость сканирования):** скорость, с которой будет сканироваться приложенный сигнал (потенциал в потенциостатической LSV, ток в гальваностатической LSV). Скорость сканирования всегда положительна, независимо от направления сканирования.

- **Step height (Высота ступени):** В лестничной LSV приложенный сигнал применяется дискретными ступенями с фиксированной высотой ступени. Значение высоты ступени всегда положительное, независимо от направления сканирования.

- **Step duration (Длительность ступени):** Время между двумя последовательными ступенями. В лестничной LSV одна точка данных выбирается за одну ступень, поэтому длительность ступени также является интервалом выборки.

Скорость сканирования, Высота ступени и Длительность ступени являются взаимосвязанными параметрами, можно задать только два из трех из них. Когда два из этих параметров введены, третий рассчитывается автоматически.

▪ **Estimated number of points (Предположительное число точек):** Число точек данных отображается (только для чтения) в соответствии с фактическими значениями параметров. Если параметры изменяются во время измерения, эта оценка может быть неточной.

9.12 Командная плитка "Measure OCP" (Измерить OCP)

Обычно команда **Measure OCP** используется для измерения потенциала разомкнутой цепи (OCP) электрохимической ячейки. Потенциал разомкнутой цепи – это потенциал, измеренный на рабочем электроде (WE.Potential), когда ток через ячейку не течет (ячейка отключена). Команда **Measure OCP** выводит одно **значение OCP**, которое является либо последним измеренным значением OCP, либо результатом усреднения значений OCP за заданный пользователем промежуток времени в конце измерения. Значение OCP можно использовать в последующих командах процедуры для установки значений потенциала относительно OCP путем выбора V_{OCP} вместо V_{REF} в меню выбора единиц измерения, следующих за параметрами, которые определяют уставки потенциала.

Примечание: Команда измерения OCP отключает ячейку во время измерения OCP.

Примечание: Во время измерения OCP потенциал рабочего электрода измеряется относительно потенциала электрода сравнения. Когда электрод сравнения не используется, коннектор RE обычно подключают к вспомогательному электроду, и относительный потенциал представляет собой потенциал в этой точке. Для получения дополнительной информации обратитесь к разделу руководства пользователя, посвященному подключениям ячейки.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Max. duration (Макс. продолжительность):** максимальная продолжительность измерения OCP.
- **Sampling interval (Интервал дискретизации):** Время между последовательными точками выборки.

Опции

- **Show OCP determination window (Показать окно определения OCP):** когда этот переключатель включен, во время измерения OCP отображается всплывающее окно регистрации OCP.

■ **Use moving average OCP (Использовать скользящее среднее OCP):** когда этот переключатель включен, значение OCP рассчитывается с использованием скользящего среднего значения WE.Potential за определенное время. Время усреднения отсчитывается от окончания измерения. Например, если длительность составляла 30 с, а время усреднения равно 5 с, среднее значение OCP рассчитывается с использованием значений WE.Potential от $t = 25$ с до $t = 30$ с. Когда используется скользящее среднее значение OCP, эти данные также отображаются в окне определения OCP и сохраняются в таблице данных.

Примечание: Для первой части команды измерения OCP *скользящее среднее значение OCP* рассчитывается с помощью алгоритма взвешенного скользящего среднего, который отдает приоритет самым последним точкам данных, присваивая им более высокий весовой коэффициент. Весовые коэффициенты применяются к части данных OCP скользящего среднего от начала команды измерения OCP до удвоенного заданного для усреднения времени. Например, если продолжительность измерения OCP составляет 20 секунд, а время для усреднения составляет 2.5 секунды, данные скользящего среднего значения OCP для первых 5 секунд измерения будут взвешенным скользящим средним, тогда как для последних 15 секунд они будут простым скользящим средним.

■ **Accept on dE/dt limit (Принять на пределе dE/dt):** Когда этот переключатель включен, измерение OCP прекращается, если изменение потенциала OCP с течением времени (dE/dt) ниже заданного значения для пяти последовательных точек. Когда используется предел dE/dt , эти данные также отображаются в режиме реального времени в окне определения OCP и сохраняются в таблице данных.

■ **Switch cell on when proceeding (Подключить ячейку при продолжении):** Эта опция может использоваться только в потенциостатическом режиме. Когда этот переключатель включен, ячейка подключается в конце команды **Measure OCP**. Уставка $0 V_{OCP}$ будет применена перед подключением ячейки, гарантируя, что система не будет подвержена непредвиденным условиям.

Примечание: Параметр **Switch cell on when proceeding** недоступен, если команда **Measure OCP** используется в процедуре или разделе процедуры, настроенной для гальваностатического режима. Для гальваностатических измерений рекомендуется поместить командную плитку **Apply settings** после команды **Measure OCP**, чтобы задать текущую уставку, выбрать правильный диапазон тока и подключить ячейку.

9.13 Командная плитка "Record signals" (Запись сигналов)

Обычно команда **Record signals** используется для записи одного или нескольких сигналов в течение фиксированного времени.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Duration (Продолжительность):** продолжительность измерения.
- **Sampling interval (Интервал дискретизации):** Время между двумя последовательными точками выборки.

9.14 Командная плитка "Repeat" (Повторить)

Обычно команда **Repeat** используется для создания части процедуры, которая будет повторяться в цикле. Внутри повтора можно разместить одну или несколько командных плиток, это создаст подуровень последовательности.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Repetitions (Повторы):** количество раз, которое часть последовательности процедур, расположенная в цикле повторения, будет повторена.

Примечание: Команда **Repeat** будет бесстыковой, если все команды в цикле являются бесстыковыми. Это будет обозначено зеленой полосой под командной плиткой **Repeat**. Между итерациями бесстыкового цикла **Repeat** нет временных промежутков.

9.15 Командная плитка "Reset charge" (Сброс заряда)

Обычно команда **Reset charge** используется для сброса сигнала заряда (WE.Charge) на ноль. Данные о заряде могут быть получены во время измерений при подключении сигнала WE.Charge. Заряд будет рассчитываться кумулятивно на протяжении последовательных команд. Команда сброса заряда может быть размещена в любом месте процедуры, где сигнал заряда должен быть сброшен на ноль.

Параметры

- **Display name: Отображаемое имя:** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.

Примечание: Команда сброса заряда является бесстыковой. Сброс заряда до нуля не требует дополнительного времени в последовательности процедур, поэтому он не вносит разрыва в подаваемые или измеряемые сигналы. Однако после команды сброса заряда в сигнале WE.Charge будет отсутствовать одна точка, так как для расчета заряда требуется как минимум два текущих значения. Следовательно, значение WE.Charge, соответствующее первой точке WE.Current после сброса, отсутствует.

9.16 Командная плитка "Wait" (Ожидание)

Обычно команда **Wait** используется для перевода процедуры в состояние ожидания в последнем примененном состоянии в течение определенного периода времени. Прибор будет продолжать применять последнюю заданную уставку (т. е. потенциал или ток), а такие состояния, как подключение или отключение ячейки, останутся неизменными по команде **Wait**. Сигналы не собираются, пока процедура находится в состоянии ожидания.

Параметры

- **Display name (Отображаемое имя):** это имя отображается на командной плитке, здесь можно ввести имя, определенное пользователем.
- **Duration (Продолжительность):** продолжительность времени ожидания.