

Практика измерений входных и выходных характеристик источников вторичного электропитания с применением опции R&S RTO6-K31

Николай Лемешко (nlem83@mail.ru),
Михаил Горелкин (Mikhail.Gorelkin@rohde-schwarz.com),
Павел Струнин (Pavel.Strunin@rohde-schwarz.com)

В статье рассматриваются практические аспекты измерений входных и выходных параметров источников вторичного электропитания (ИВЭП) с использованием опции анализа параметров электропитания RTO6-K31, функционирующей на аппаратно-программной платформе осциллографов R&S RTO6. Рассмотрена типовая номенклатура параметров ИВЭП, подлежащих контролю с использованием средств радиоизмерений. Рассмотрен порядок общего конфигурирования опции, включая «выравнивание» пробников по времени запаздывания, необходимое для точного измерения фазовых соотношений. Представлены примеры измерений входных и выходных параметров, а также коэффициента полезного действия импульсного ИВЭП, реализованные с использованием указанной опции.

Введение

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) уже давно стали неотъемлемой частью практически любых электронных устройств (ЭУ). Их основное назначение состоит в приведении напряжения, поступающего от первичного источника, к уровню и роду тока, приемлемому для питания электрических цепей. Во вторую очередь ИВЭП должны защищать их от перенапряжений, а также осуществлять двуправленную фильтрацию для снижения эмиссии помех и для повышения помехоустойчивости. Как и для других элементов технических средств, для ИВЭП применимо понятие качества [1], под которым понимается способность выполнять заданные функции в течение установленного времени. Понятие качества для ИВЭП включает показатели надёжности, а также некоторые технические характеристики, которые определяют саму возможность применения конкретного типа ИВЭП в некотором устройстве, например, уровень пульсаций выходного напряжения и коэффициент мощности.

Проектирование ЭУ сегодня часто ведётся по принципу системной интеграции отдельных модулей, поэтому ИВЭП часто используются в их составе как отдельные, функционально законченные покупные узлы [2, 3]. Такие модули, даже сопровождаемые необходимой документацией, для инженеров

так и остаются «чёрным ящиком», параметры которого не только можно, но и нужно контролировать с использованием средств измерений. К сожалению, в погоне за снижением стоимости многие производители сильно упрощают электрические схемы ИВЭП, что приводит к ухудшению качества электрической энергии для нагрузок и к ухудшению условий отбора мощности от первичных источников энергии.

Как правило, ИВЭП модульного типа являются импульсными, что обусловлено, в первую очередь, более низкой стоимостью в сравнении с решениями на основе трансформаторов, в особенности при массовом производстве. Как показано в статье [4], полное тестирование ИВЭП должно включать анализ работы силового ключа и передачи мощности в нагрузку, однако для покупных ИВЭП его часто невозможно провести из-за отсутствия элементарного доступа к соответствующим элементам. Тем не менее тестирование ИВЭП по входу и по выходу способно многое рассказать о наиболее важных его свойствах. Для определённости в дальнейшем мы будем рассматривать те ИВЭП, которые питаются от сети переменного тока и предназначены для выдачи напряжения постоянного тока.

Все измерения для измерений характеристик ИВЭП могут быть выполнены при помощи осциллографа без дополнительных функций. Однако вычис-

ление некоторых параметров, таких как коэффициент мощности, уровни потребления на гармониках и пр., производится путём вторичной обработки, которую наиболее удобно выполнять с использованием специальных опций анализа параметров электропитания. В рамках настоящей публикации мы будем ориентироваться на опцию R&S RTO6-K31, предназначенную для использования на осциллографах компании Rohde&Schwarz новой серии – RTO6.

Параметры ИВЭП, подлежащие контролю с использованием средств измерений

При строгом подходе ИВЭП следует рассматривать как преобразователь сигналов с алгоритмом работы, известным лишь в общих чертах. Если отсутствуют данные о схемотехнических решениях, а также доступ к внутренним контрольным точкам, то тогда о качестве ИВЭП можно судить только по тем параметрам, которые могут быть измерены на основе его входных и выходных токов и напряжений.

С точки зрения порядка преобразования энергии, поставляемой первичным источником, между линейными (трансформаторными) и импульсными ИВЭП имеются принципиальные различия. В ИВЭП первого из названных классов последовательно осуществляются понижение напряжения, его выпрямление, сглаживание путем фильтрации и стабилизация. В импульсных ИВЭП выпрямлению и сглаживанию обычно подвергается напряжение сети, далее такое напряжение трансформируется в импульсное и подаётся через силовой ключ на первичную обмотку трансформатора. Затем оно ещё раз выпрямляется и фильтруется, а управление отдачей мощности в нагрузку и поддержанием постоянства напряжения на неё выполняется контроллером широтно-импульсной модуляции, управляющим силовыми ключами и реализующим следящую обратную связь.

В составе импульсного ИВЭП в зависимости от конструкции, номинальной мощности и других факторов может использоваться один, два или более ключей, которые формируют импульсы напряжения на первичной обмотке силового трансформатора. Наличие упомянутой обратной связи определяет большой стартовый ток: в начальный момент после включения в сеть напряжение на выходе равно нулю, и, стремясь компенсировать это, схема управления силовым ключом обеспечивает протекание значительного импульсного тока в первичной обмотке силового трансформатора. Выход на установившийся режим потребления тока обычно достигается в течение 2...10 полупериодов сетевого напряжения. Это же характерно и для линейных ИВЭП. Более подробно принципы работы ИВЭП освещены в [2–4].

Исходя из этого, можно выделить для них группы подлежащих измерениям входных, выходных параметров электропитания, а также передачи энергии в нагрузку (табл. 1). При этом их же можно сопоставить с рядом других преобразователей электрической энергии, например, электромеханическим и DC/DC-конвертерами. Все перечисленные здесь характеристики, а также ряд других, в том числе относящихся к работе силового ключа импульсных ИВЭП, позволяет измерять опция R&S RTO6-K31, функционирующая на аппаратно-программной платформе осциллографов серии R&S RTO6.

Рассмотрим чуть более подробно перечисленные в табл. 1 группы характеристик. Оценка качества потребления электроэнергии выполняется на основе оценки фазового сдвига между током и напряжением, который характеризует долю нежелательной реактивной мощности и определяет значение коэффициента мощности. Коэффициенты напряжения и тока (Crest Factor) принято измерять как отношение их пикового значения к среднеквадратическому после выхода ИВЭП на установившийся режим. Эти параметры, номинально равные 1,41, являются интегральными характеристиками нелинейности отбора полной мощности из питающей сети. Для оценки качества потребления электрической энергии необходимо использовать дифференциальный и токовый пробники.

Измерения стартового тока осуществляются при помощи токового проб-

Типовая номенклатура контролируемых характеристик ИВЭП

Группа	Контролируемые характеристики
I. Тестирование ИВЭП по входу	
Качество потребления электрической энергии	Коэффициент мощности Значения активной, реактивной и полной мощности Коэффициенты амплитуды тока и напряжения
Пусковой ток	Максимальные значения пускового тока в заданных интервалах времени
Гармоники потребляемого тока	Максимальные значения токопотребления на гармониках Соответствие действующим нормам
II. Тестирование ИВЭП по выходу	
Пульсации на выходе	Статистические характеристики амплитуды, частоты, периода и скважности пульсаций
Переходная характеристика	Время нарастания, достижения пикового значения, вхождения в полосу допуска, задержка отклика, уровень выброса по амплитуде
Спектр	Амплитуды гармоник пульсаций выходного напряжения на частотах, кратных частоте преобразования
III. Оценка передачи мощности в нагрузку	
Энергетическая эффективность	Статистические характеристики для коэффициента полезного действия, входной и выходной мощности
Время включения/выключения	Временной интервал, в течение которого напряжение на нагрузке ИВЭП возрастёт до 90% (снизится до 10%) от номинального значения после достижения напряжением на входе ИВЭП заданного порогового уровня

ника. Их целью является определение кратности превышения им номинального значения, что влияет на выбор устройств защитного отключения. В типовом случае это отношение равно 2,5...4, а первоначальная накачка импульсных ИВЭП энергией занимает 2...7 полупериодов сетевого напряжения, в каждом из которых наблюдается уменьшение потребляемого тока. Также при помощи пробников тока выполняется измерение гармоник потребляемого тока. В отличие от многих других свойств ИВЭП, потребление тока на гармониках нормируется стандартами по электромагнитной совместимости в обеспечение сохранения приемлемого качества электрической энергии [5], т.е. результаты измерений требуют сопоставления с нормами, которые в большинстве случаев устанавливаются вплоть до сороковой гармоники. Опция R&S RTO6-K31 позволяет проводить испытания устройств согласно требованиям стандартов EN 61000-3-2, MIL-STD-1399 и RTCA DO-160F и выполнять автоматическое сопоставление с установленными ими нормами.

Тестирование ИВЭП по выходу предусматривает определение уровня пульсаций выходного напряжения и его спектра, а также, в общем случае, переходной характеристики, демонстрирующей способность ИВЭП следовать за изменяющейся нагрузкой. В последнем случае сопротивление нагрузки ИВЭП должно быть управляемым, а сам объект тестирования выводится из равновесного состояния соответствующим внешним событием, отслеживаемым по динамике изменения выходного тока ИВЭП. Здесь, очевидно, предпочтитель-

ным является применение электронных управляемых нагрузок.

Пульсации на выходе ИВЭП могут оцениваться по току или напряжению, и последний вариант является предпочтительным. При осуществлении таких измерений должны анализироваться как положительные, так и отрицательные выбросы напряжения и тока. Спектральные составляющие в составе выходного напряжения ИВЭП определяются не только наличием пульсаций, но и радиошумом, прошедшим через фильтрующие цепи, а также порождаемым переходными процессами при широтно-импульсной модуляции.

Наконец, третья группа характеристик из перечисленных в табл. 1 даёт представление об энергетической эффективности ИВЭП. Для проведения измерений входной и выходной мощности полезного действия необходимо использовать два токовых и два дифференциальных пробника. Возможные их колебания и соответствующие изменения коэффициента полезного действия оцениваются путём многократных измерений и набора соответствующей статистики. Измерения времени включения и выключения ИВЭП производятся с использованием двух дифференциальных пробников, подключаемых к его входу и выходу, а коммутационное событие специально формируется оператором.

Настройки опции R&S RTO6-K36 для каждого из перечисленных видов измерений пояснены в экспериментальной части статьи. Как мы видим, первоосновой для осуществления оценок названных параметров являются осциллограммы напряжения и/

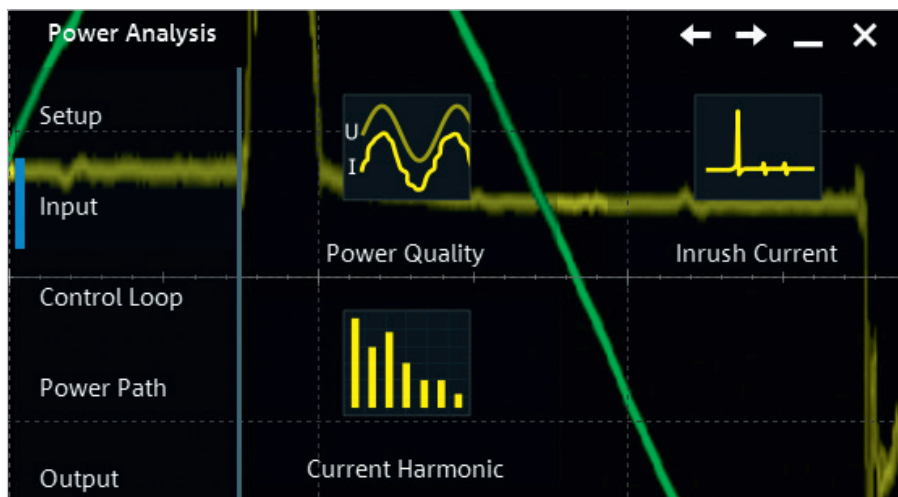


Рис. 1. Виды измеряемых параметров электропитания (открыта вкладка Input)

или тока. Коэффициенты амплитуды тока и напряжения, пусковой ток и пульсации выходного напряжения могут быть определены с использованием функций автоматических измерений современных осциллографов, амплитуды гармоник потребляемого тока, и спектр выходного напряжения вполне можно получить посредством быстрого преобразования Фурье. Вместе с тем современная концепция организации радиоизмерений предполагает их максимальную комплексность и автоматизацию, что и определяет перспективность использования опций анализа электропитания, например, R&S RTO6-K36.

Важно отметить, что условия выполнения таких измерений оказывают непосредственное влияние на их результат, и здесь следует учитывать следующие факторы.

1. Нагрузка ИВЭП должна соответствовать номинальной. Режим нагрузки выходного каскада ИВЭП оказывает определяющее влияние практически на все перечисленные в табл. 1 характеристики. При этом снижение потребления мощности приводит, как правило, к уменьшению коэффициентов амплитуды тока и напряжения, к снижению токопотребления на гармониках, коэффициентов мощности и полезного действия, к увеличению реактивной части потребляемой энергии.

2. Если ИВЭП имеет несколько выходных напряжений, то каждый выход должен иметь номинальную нагрузку.

3. Испытания любых технических средств, включая ИВЭП, должны сопровождаться априорной информацией об условиях их эксплуатации. При измерении переходной характеристики колебания токопотребления по выхо-

ду должны имитироваться с достаточным приближением к реальности. В идеальном случае измерения должны проводиться с использованием штатных нагрузок ИВЭП.

Таким образом, как и во многих других случаях, повторяемость и воспроизводимость результатов измерений перечисленных в табл. 1 параметров обеспечивается соблюдением условий их выполнения.

Общее конфигурирование опции R&S RTO6-K31

Анализ параметров электропитания с использованием опции R&S RTO6-K31 выполняется в два этапа. Вначале осуществляется общее конфигурирование опции, а далее она настраивается для выполнения конкретных измерений. Помимо описанных выше и потенциально реализуемых для ИВЭП, у которых доступны только выход и выход, опция позволяет проводить измерения параметров широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала ключа, его дифференциальное сопротивление во включённом режиме и скорость изменения тока, протекающего через ключ. В части передачи мощности от выхода к выходу могут измеряться время включения/выключения ИВЭП, потери на переключение в цикле широтно-импульсной модуляции. Также может выполняться оценка области надёжной работы ключа импульсных ИВЭП по критерию допустимого тепловыделения.

Общее конфигурирование выполняется с использованием специального меню, на котором отображены четыре основные группы измерений (рис. 1). Перед выполнением измерений, в которых одновременно учитываются пока-

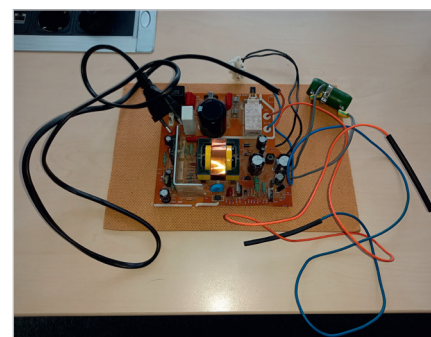


Рис. 2. Внешний вид исследуемого ИВЭП

зания, полученные с использованием пробников тока и напряжения, необходимо устранить имеющуюся для них разницу в запаздывании. В большинстве случаев частота питающих напряжений составляет 50 или 60 Гц, наличие даже небольшого сдвига фазы способно привести к существенным ошибкам в измерении коэффициента мощности и полезного действия ИВЭП, а также других их характеристик. Автокомпенсация фазы должна выполняться в сечении, соответствующем точкам подключения пробников тока и напряжения. Собственные настройки осциллографа позволяют устанавливать временной сдвиг между каналами в пределах ± 100 нс, что обычно применяется для компенсации различий в длине линий подключения при измерениях сигналов в дифференциальных парах [6]. Для выравнивания фаз используется калибровочная плата R&S RT-ZF20, имеющая внешнее электропитание и создающая импульсы тока и напряжения, по сопряжению которых и выполняется коррекция.

В процессе общего конфигурирования опции необходимо выбрать типы используемых пробников, и некоторые из них осциллографы R&S RTO6 способны распознать автоматически. Опция поддерживает работу с токовыми пробниками R&S RT-ZCxx, активными пробниками высокого напряжения R&S RT-ZD01, а также пробниками линии передачи R&S RT-ZZ80, которые не могут быть распознаны автоматически и должны быть выбраны пользователем из списка.

Каждый режим измерений характеризуется своими настройками, которые устанавливаются в индивидуальных окнах с тремя вкладками — Channels, Settings и Details (см. ниже), причем первые две из них в части конфигурирования являются основными. Вкладка Details во всех случаях содержит справочную информацию об источниках

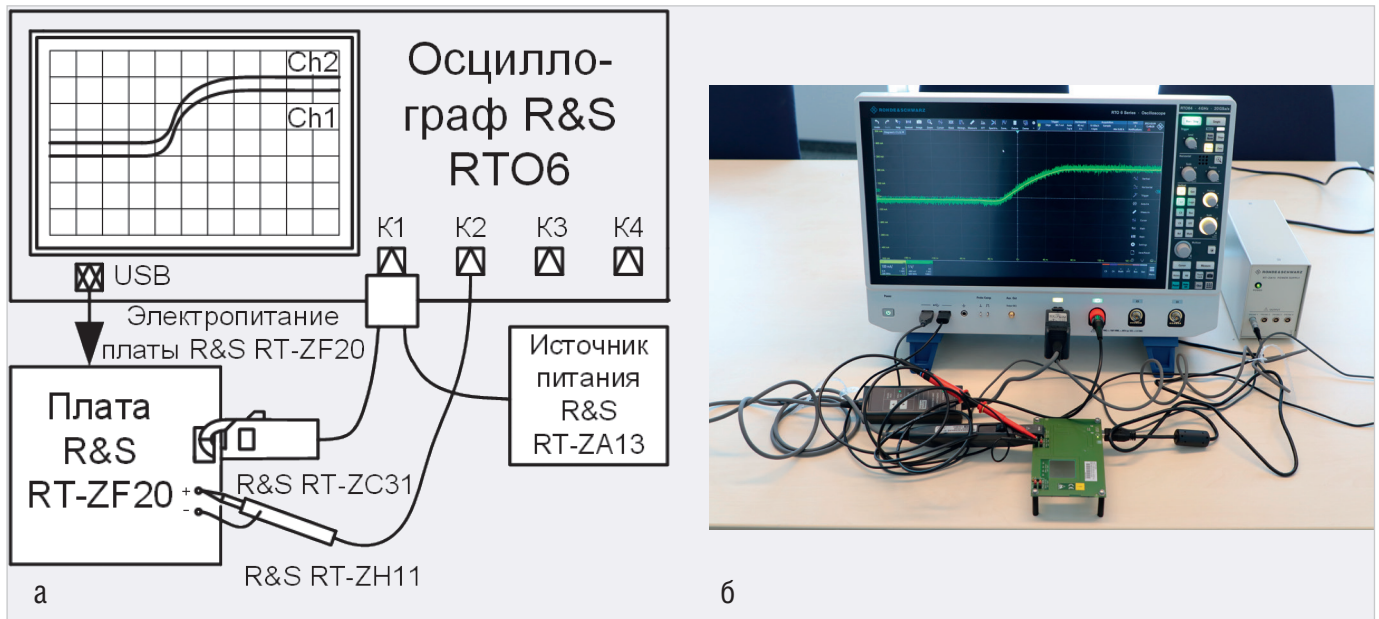


Рис. 3. Установка для выравнивания пробников: а) схема; б) фотография

сигналов и параметрах, выбранных для измерений и расчётов.

Дополнительная информация о конфигурировании приведена в экспериментальной части работы, где представлены результаты измерений некоторых из перечисленных в табл. 1 параметров.

Практика измерений характеристик для ИВЭП

Объект исследований и измерительное оборудование. В качестве исследуемого объекта был выбран двухканальный импульсный ИВЭП с выходными постоянными напряжениями 18,2 В и 120 В (рис. 2). Измерения проводились при нагрузке ИВЭП по первому каналу на сопротивление 43 Ом, второй канал функционировал в режиме холостого хода. Такой ИВЭП можно рассматривать как типовой объект измерений с использованием опции R&S RTO6-K31. Согласно априорной информации, ИВЭП имеет гальваническую развязку между входом и выходом, что значительно расширяет номенклатуру допустимых к использованию пробников за счёт включения в неё пробников несимметричного типа.

В рассматриваемых ниже схемах измерений использовался осциллограф R&S RTO6 с полосой рабочих частот до 4 ГГц и четырьмя каналами. Как следует из изложенного выше, использование всех функциональных возможностей опции R&S RTO6-K31 возможно при одновременном подключении двух пробников тока и двух пробников напряжения, поэтому реко-

мендуется использование четырёхканальных осциллографов.

Для получения информации о протекающих на входе и выходе ИВЭП токах использовались пробники R&S RT-ZC31 с предельно измеряемым током 30 А и полосой рабочих частот до 120 МГц. Такие пробники имеют ручное управление выбором предельно измеряемого тока, от чего зависит коэффициент преобразования. При выборе пробника этого типа в настройках осциллографа необходимо указывать одно из таких значений — 0,5; 5 или 30 А, при этом шкала отображения зависимости тока от времени будет отображаться с учётом необходимого пересчёта. Пробники R&S RT-ZC31 имеют функцию саморазмагничивания, что позволяет практически полностью устранить остаточное смещение нуля. Они являются активными и подключаются к источнику электропитания R&S RT-ZA13, имеющему четыре канала.

При проведении измерений использовались несимметричные пробники напряжения R&S RT-ZH11 с полосой рабочих частот до 400 МГц, максимальным рабочим напряжением 1 кВ и коэффициентом деления 1:1000. Каналы осциллографа R&S RTO6 не имеют взаимной гальванической развязки, а также напрямую связаны с общим заземлением прибора, поэтому в общем случае должны применяться дифференциальные пробники. Использование несимметричных пробников возможно только в том случае, когда достоверно известно, что выход ИВЭП имеет гальваническую развязку

по отношению ко входу, а питающая сеть имеет заземлённую нейтраль, иначе результаты измерений могут оказаться некорректными, а электрические цепи осциллографа могут быть повреждены. Выполнение этих условий было дополнительно проверено перед проведением измерений.

Процедура выравнивания пробников осуществлялась в соответствии с руководством пользователя [7] попарно для пробников тока и напряжения, подключаемых к входной и выходной цепи ИВЭП. Схема и фотография установки для выравнивания пробников показана на рис. 3. Подключение пробников к плате должно выполняться таким образом, чтобы полярности отображаемых импульсов совпадали. Для этого на плате R&S RT-Z20 имеется соответствующая маркировка, причем для токовых пробников направление стрелок на корпусе и на плате должно совпадать.

После подключения пробников выравнивание по времени сводится к подбору такого временного сдвига между каналами, при котором осциллограммы фронтов импульсов будут максимально совпадать. Значение такого смещения индивидуально для каждой пары пробников тока и напряжения, поэтому при реконфигурировании установки необходимо не изменять составы таких пар и каналы подключения пробников. Для представленного на рис. 3 подключения пробников требуемое смещение составило -4 нс (рис. 4). Такое же значение было получено и установлено в настройках осциллографа для каналов 3 и 4.

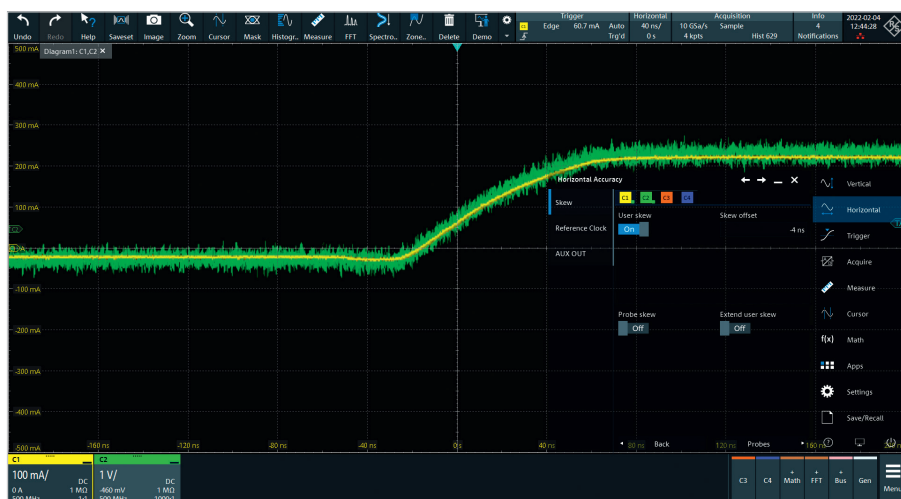


Рис. 4. Результат выравнивания времени запаздывания между пробниками

Результаты измерений по входу. Здесь для ИВЭП оценивались все параметры, перечисленные в группе I табл. 1. Схема и фотография изме-

рительной установки приведены на рис. 5.

Общее меню для тестирования ИВЭП по входу показано на рис. 1. На рис. 6

показаны меню настройки измерений качества потребления электрической энергии, стартового тока (включая меню параметров), гармоник потребляемого тока. Для измерений остальных групп меню имеют в целом аналогичный вид и далее не рассматриваются. Представленные меню показаны на фоне измеряемых осциллограмм, степень прозрачности может быть изменена в настройках осциллографа.

На рис. 7 показаны результаты измерений качества потребления электроэнергии, а также осциллограммы питающего напряжения и потребляемого тока. Как видно из данных, представленных в таблице, коэффициент мощности составляет 0,363, т.е. он существенно меньше единицы, что определяет высокую долю реактивной мощности в совокупном её отборе. Фазовый угол между током и напря-

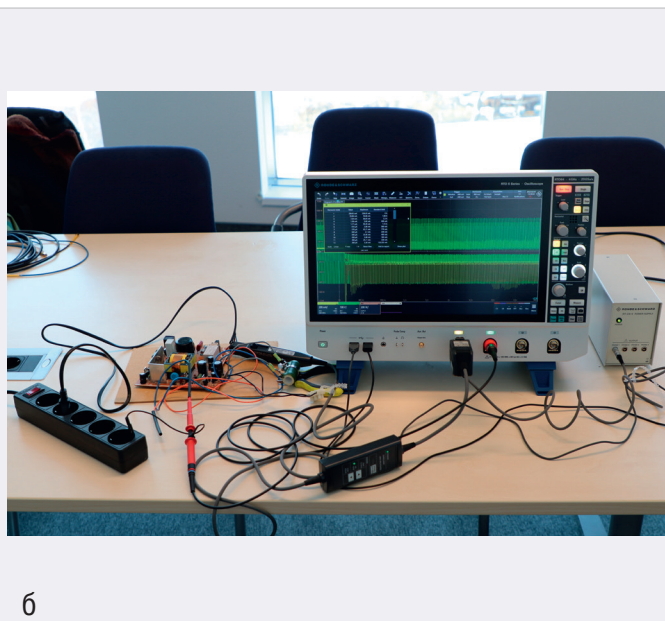
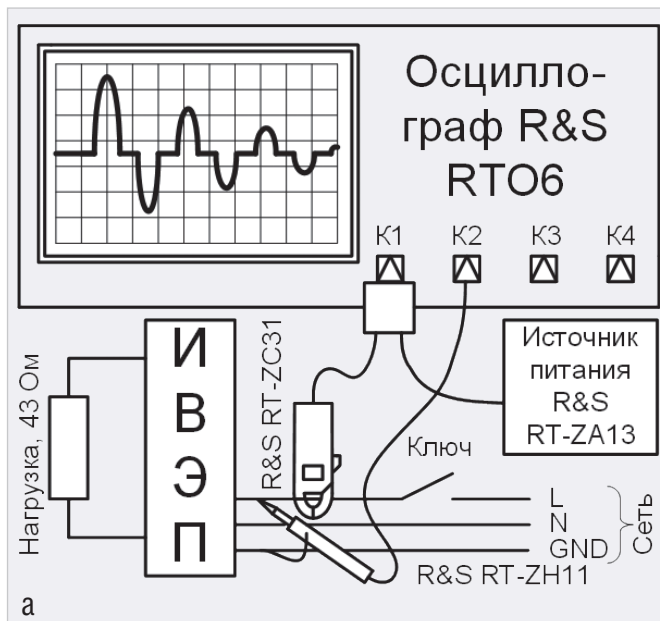


Рис. 5. Установка для тестирования ИВЭП по входу: а) схема; б) фотография

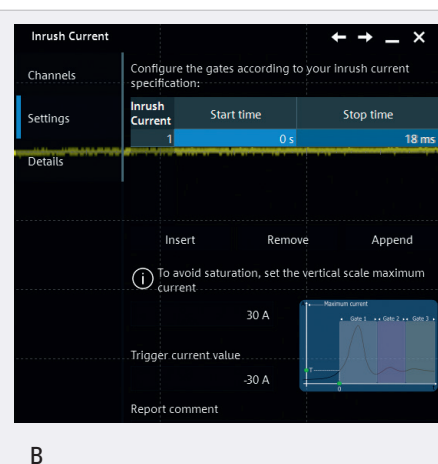
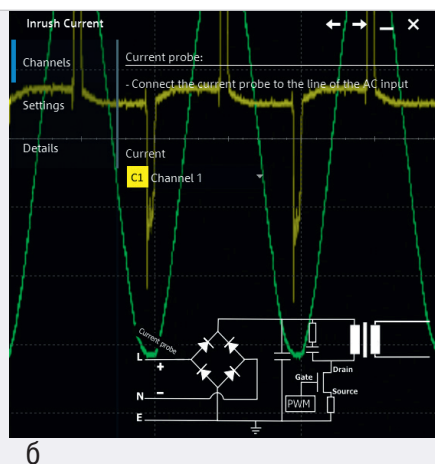
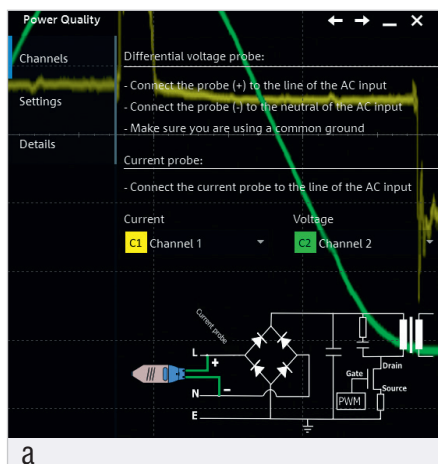


Рис. 6. Меню для тестирования ИВЭП по входу: а) по качеству потребления электрической энергии (вкладка Channels); б), в) по пусковому току (вкладки Channels и Settings);

жением составляет $68,7^\circ$, что также свидетельствует в пользу реактивного характера нагрузки. Коэффициент амплитуды напряжения соответствует синусоидальному его характеру, однако для тока его значение существенно выше, что определяется импульсным характером потребления вблизи максимумов полуволн напряжения. Это свидетельствует об эмиссии гармонических составляющих в питающую сеть. Таким образом, по результатам измерений ИВЭП нельзя считать эффективным потребителем мощности в электросети, несмотря на отсутствие нагрузки на втором его канале и всего половину номинальной мощности в первом, нагруженном канале.

Далее рассмотрим результаты измерений пускового тока для ИВЭП. Для инициации переходного процесса, сопровождающегося повышенным потреблением тока, в схеме на рис. 5 предусмотрено использование ключа. На рис. 6б показано, что в рамках конфигурирования опции R&S RTO6-K31 для проведения таких измерений требуется задать канал, к которому подключен пробник тока. Однако для получения точных результатов этого недостаточно. На рис. 6в показана вкладка настроек для измерений пускового тока, на которой требуется установить диапазон возможных его значений и интервал времени. Для определения этих параметров можно провести предварительные измерения с использованием обычных функций осциллографа. На рис. 8 показана осциллограмма потребляемого тока при включении ИВЭП, полученная в режиме однократной развёртки с запуском по положительному перепаду при уровне 4 А. Максимальное оценочное значение пускового тока составляет около 20 А. Учитывая, что повторный интенсивный отбор мощности из питающей электросети может наблюдаться через половину периода, максимальное время анализа следует задавать не менее 10 мс. Это отражено на вкладке настроек анализа пускового тока на рис. 6в, причём интервал пускового тока выбран в пределах ± 30 А.

Как видно из сопоставления рис. 7 и 8, стартовый ток может существенно превышать амплитудное его значение после выхода на установившийся режим. Это обстоятельство может потребовать изменение коэффициента преобразования токового пробника для этих измерений.



Рис. 7. Результаты измерений качества потребления электроэнергии

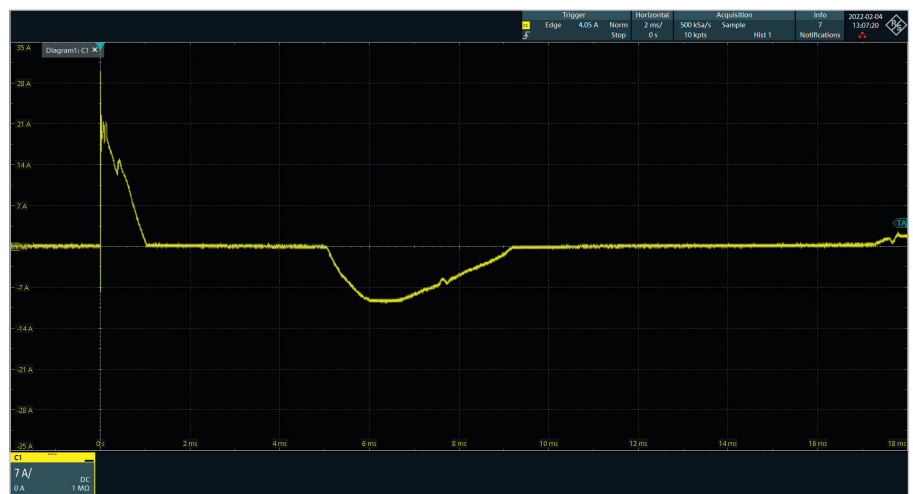


Рис. 8. Осциллограмма потребляемого тока при включении ИВЭП, единичная реализация

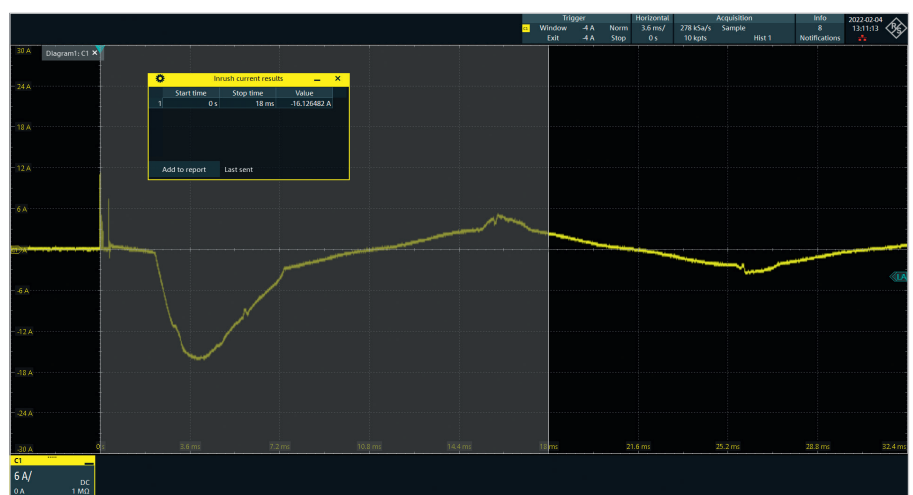


Рис. 9. Результаты измерений пускового тока

На рис. 9 представлены результаты измерений пускового тока с использованием опции R&S RTO6-K31. Его значение составило около 16 А. Известно [3], что для импульсных ИВЭП, питающихся переменным напряжением, значение пускового тока зависит от момента подключения к сети. Как пра-

вило, чем ближе это событие к максимальному значению, тем выше значение пускового тока. Таким образом, для определения максимального его значения следует провести несколько измерений.

Конфигурирование опции для измерения гармоник потребляемого тока

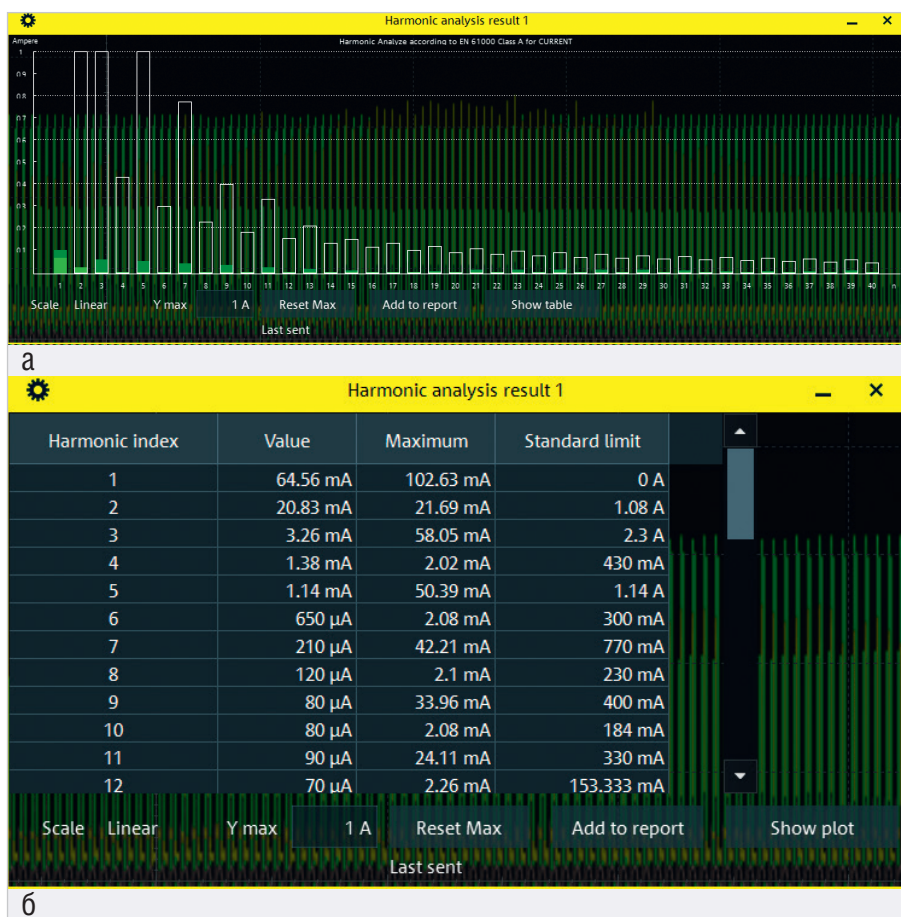


Рис. 10. Результаты измерений гармоник потребляемого тока: а) в графической форме; б) в табличной форме

осуществлялось с использованием меню, показанного на рис. 6г. Результаты измерений в графическом виде показаны на рис. 10а. Здесь верхняя граница столбчатой диаграммы показы-

вает допустимый уровень потребления на гармониках по стандарту EN 61000 для оборудования класса А. При необходимости в настройках опции могут быть выбраны другие стандарты, уста-

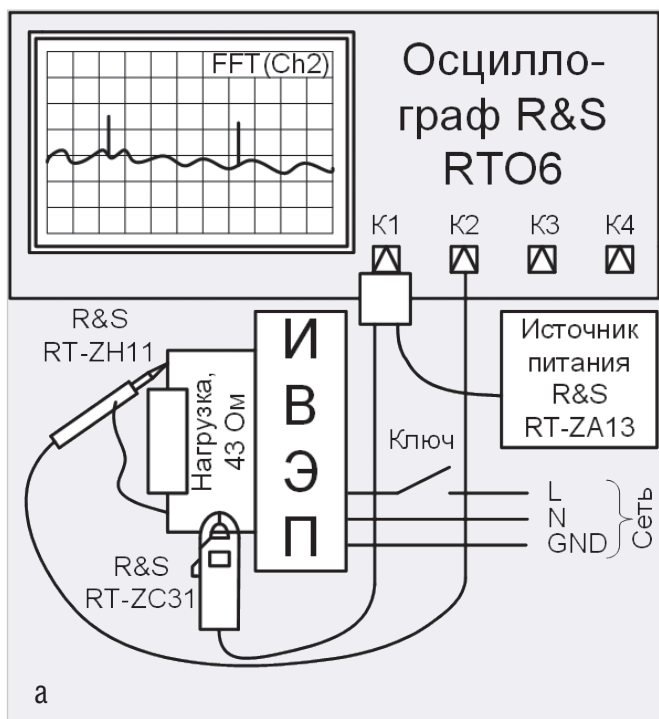


Рис. 11. Установка для тестирования ИВЭП по выходу: а) схема; б) фотография

навливающие нормы потребления на гармониках. Текущий уровень гармоник тока подсвечен салатным цветом, а зелёным цветом показаны зарегистрированные максимальные значения, которые, собственно, и следует сопоставлять с нормами. Если нагрузка ИВЭП работает по некоторым циклам, то сбор данных для сопоставления с нормами должен осуществляться как минимум на длительности одного из них. Превышение норм отмечается красным цветом. На рис. 10б результаты тех же измерений представлены в табличном виде.

Результаты измерений по выходу. Здесь для ИВЭП оценивалась статистика пульсаций выходного напряжения и его спектр, характеризующие структуру переменной составляющей на выходе ИВЭП. Схема и фотография измерительной установки приведены на рис. 11. Пробники тока и напряжения здесь подключались к выходу ИВЭП, для анализа пульсаций и спектра выходного напряжения могут быть использованы как осциллограммы тока, так и осциллограммы напряжения.

На рис. 12 в табличном виде представлены результаты измерений пульсаций выходного напряжения и тока. Средняя амплитуда пульсаций напряжения и тока составляет 300 мВп-п и 12,2 мАп-п соответственно. При этом пульсации напряжения и тока не имеют периодического характера либо постоянной частоты, что свидетель-



ствуется либо об использовании широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с переменной частотой следования импульсов, либо о наложении на процесс формирования сигналов дополнительного процесса.

Последнее предположение оказалось верным, как это следует из спектрограммы выходного напряжения, показанной на рис. 13. Здесь в низкочастотной части спектра наблюдаются два лепестка, образованные эквидистантными по частоте линейными составляющими, первая из которых имеет мощность – 15,6 дБм и соответствует частоте 59,3 Гц. Собственно, это и есть частота ШИМ. На частотах, кратных 781 кГц, наблюдаются составляющие, не имеющие отношения к ШИМ и сформированные, по-видимому, контроллером управления ИВЭП. Спектр выходного напряжения ИВЭП можно использовать для оценки помеховой обстановки для нагрузки в части кондуктивных помех.

Результаты измерений коэффициента полезного действия ИВЭП были получены с использованием измерительной установки, схема и фотография которой показаны на рис. 14. Такие измерения предполагают использование всех четырёх каналов осциллографа. Каналы 1 и 2 осциллографу были сопоставлены выходу, а каналы 3 и 4 – входу ИВЭП. На рис. 15 в таблице представлены статистические данные по потребляемой и отдаваемой в нагрузку мощности, а также коэффициенту полезного действия ИВЭП. Он потребляет от электросети около 14,1 Вт, отдаёт в нагрузку 4,4 Вт

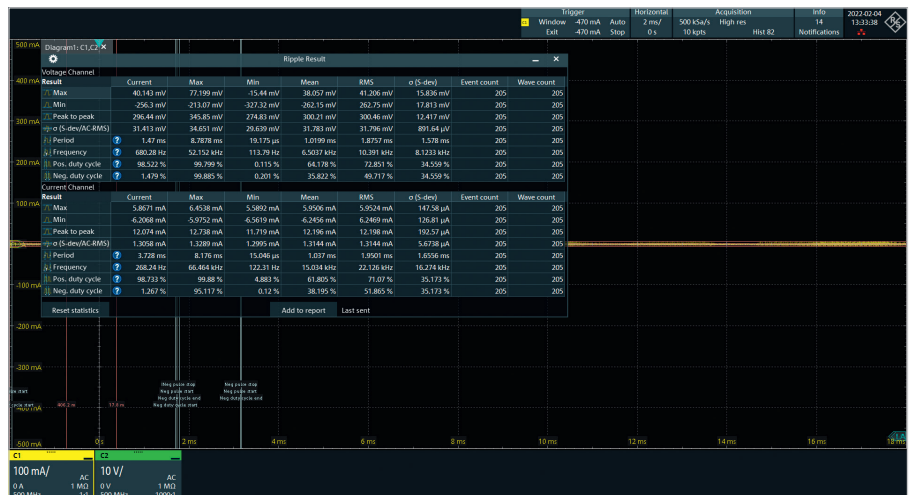


Рис. 12. Результаты измерений пульсаций выходного напряжения и тока ИВЭП



Рис. 13. Результаты измерений спектра выходного напряжения ИВЭП

и имеет коэффициент полезного действия, равный 31,1%, в то время как типовое значение показателя энергетической эффективности для ИВЭП обыч-

но превышает 80% [2]. Это объясняется работой ИВЭП в малонагруженном режиме. Представленный пример показывает, что наличие большого запаса

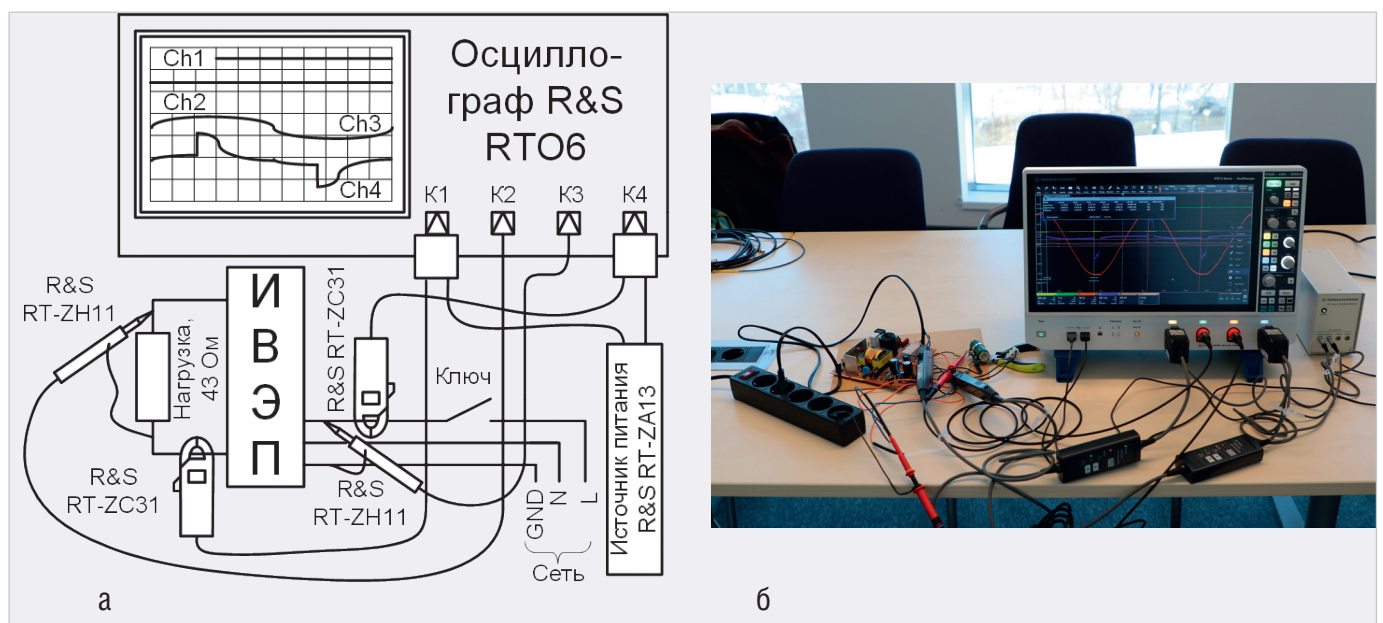


Рис. 14. Установка для измерения коэффициента полезного действия ИВЭП: а) схема; б) фотография



Рис. 15. Результаты измерений коэффициента полезного действия для импульсного ИВЭП

по мощности для импульсных ИВЭП снижает их энергетическую эффективность, и это надо учитывать при проектировании электронных устройств.

Таким образом, мы рассмотрели на примере результаты измерений основных параметров импульсного источника электропитания с использованием опции R&S RTO6-K31.

Заключение

Потенциальная область применения опции R&S RTO6-K31 не ограничивается только тестированием AC/DC- и DC/

DC-преобразователей. В группу охвата могут быть отнесены практически любые устройства, предназначенные для трансформации электрической энергии, вплоть до электромеханических преобразователей.

Дополнительной функцией опции анализа параметров электропитания, детально рассмотренной в публикации [4], является оценка режима работы силового ключа в обеспечение надёжного функционирования импульсных ИВЭП. На основе измерений потерь на переключение могут быть сформулированы требования к теплоотводу. Следо-

вательно, опция R&S RTO6-K31 может применяться при разработке и макетировании ИВЭП и сходных по функции устройств.

Литература

1. Ширман Я.Д., Багдасарян С.Т., Маляренко А.С. и др. Радиотехнические системы. Основы построения и теория / под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. 512 с.
2. Шрайбер Г. 300 схем источников питания. Выпрямители, импульсные источники питания, линейные стабилизаторы и преобразователи. М.: ДМК, 2000. 224 с.
3. Гедзберг Ю.М. Импульсные блоки питания телевизоров и их ремонт. М.: ДОСААФ, 1989. 92 с.
4. Лемешко Н.В., Горелкин М.В., Струнин П.А. Функциональные возможности опции анализа параметров электропитания R&S RTO6-K31: универсальность и гибкость // Компоненты и технологии. 2020. № 5. С. 102–111.
5. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.
6. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 424 с.
7. R&S RT-ZF20. Power Deskew Fixture User manual. 2021.

НОВОСТИ МИРА

Цены на поддержанное оборудование для производства чипов взмыли в разы

О дефиците технологического оборудования, с которым TSMC пришлось столкнуться в этом году, руководство компании рассказало на недавней квартальной конференции.

Японские источники поясняют, что на вторичном рынке оборудования цены выросли на величину от двух до пяти раз, но от покупателей всё равно нет отбоя, поскольку производители получают возможность купить необходимое оборудование в пределах месяца. Новое же пришлось бы ждать до полутора лет.

Как поясняет издание Nikkei Asian Review, рынок поддержанного оборудования подогревается сразу несколькими факторами. Во-первых, на первичном рынке спрос превышает предложение, и сроки ожидания поставок выросли с одного до полутора лет. Во-вторых, возросший в пандемию спрос на ряд специфических компонентов, изготавливаемых из кремниевых пластин типоразмера 200 мм, спровоцировал рост спроса на соот-

ветствующее технологическое оборудование, а его гораздо проще найти на вторичном рынке, чем на первичном. Наконец, свою лепту вносит Китай, который на первичном рынке сильно обделён возможностями закупок из-за санкций, а на вторичном подобных барьеров несколько меньше.

Японские поставщики литографического оборудования за прошлый фискальный год, который завершился 31 марта, выручили рекордные \$26 млрд – на 41% больше, чем годом ранее. При этом производители оборудования и сами страдают от дефицита компонентов, необходимых для выпуска собственной продукции. Компания TSMC пытается им содействовать, отправляя в командировки своих специалистов для решения вопросов на местах.

Ситуация с ценами на вторичном рынке литографического оборудования стала непредсказуемой. Нормой является двойная переплата за экземпляр оборудования по сравнению с ценами на момент до начала пандемии. Некоторое оборудование более чем двадцатилетней давности приобретает по тем же ценам,

что и новое. Самые свежие из доступных экземпляров выросли в цене в пять раз. Производители чипов готовы покупать оборудование и по таким ценам, поскольку выигрывают время в условиях высокого спроса на их продукцию.

По оценкам SEMI, в 2020 году на оборудование для обработки кремниевых пластин типоразмера 200 мм во всём мире было потрачено \$3 млрд, но по итогам предыдущего и этого года расходы превысят \$5 млрд. Именно концентрация мощностей по выпуску чипов с использованием зрелой литографии позволит Китаю стать крупнейшим регионом мира с долей 21% в текущем году. Свою лепту внесёт и растущий спрос на электромобили, которым требуется гораздо больше полупроводниковых компонентов. Японские поставщики литографического оборудования даже решили возродить выпуск некоторых видов продукции, чтобы лучше соответствовать спросу. По оценкам участников рынка, высокий спрос на вторичном рынке литографического оборудования сохранится минимум до конца текущего года.

russianelectronics.ru

НОВОСТИ МИРА

«Ростелеком» и НПЦ «Элвис» создали СП «с целью развития микроэлектроники»

Российский провайдер цифровых услуг и решений «Ростелеком» создал с производителем электроники двойного назначения НПЦ «Элвис» совместное предприятие. Как пояснили в «Ростелекоме» ресурсу «Коммерсантъ», не вдаваясь в подробности, новое предприятие создано «с целью развития микроэлектроники».

Согласно данным базы «СПАРК-Интерфакс», в учрежденном 26 апреля совместном предприятии ООО «ЭсАй Майкро» с уставным капиталом 100 тыс. руб. 49% принадлежит «Элвису» и 51% – «Вестелкому» (принадлежит «Ростелекому»).

В числе выпускаемой НПЦ «Элвис» продукции мобильный процессор «Скиф» собственной разработки, а также микросхемы на базе собственной платформы проектирования «Мультикор».

Ожидалось, что компания примет участие в реализации сквозного проекта Минпромторга по разработке и выпуску программно-аппаратных комплексов для робототехнических систем охраны.

По мнению главы консорциума «Базис» Арсения Брыкина, «Ростелеком» видит в «Элвиса» стратегического партнера на рынке дизайн-центров для эксклюзивной разработки решений. Его мнение поддержал источник «Коммерсанта» на рынке микроэлектроники, который считает, что «Ростелеком» может привлечь «Элвис» к разработке решений в области Интернета вещей. «Это выглядит логично на фоне механизма сквозных проектов правительства, который предполагает, что конечный заказчик оборудования, разработанного в России, может получить от государства компенсацию до 50% на его закупку», – утверждает он.

Помимо заявлений источников «Коммерсанта» об оттоке персонала, в апреле 2022 г. CNews выяснил, что выручка «Элвиса» сократилась вдвое. Согласно базе «Контур.фокус», выручка компании по итогам 2021 г. составила 1,1 млрд руб., что на 55% ниже, чем по итогам 2020 г. (2,4 млрд руб.).

Также у компании почти в 100 раз сократилась прибыль. По данным базы «Контур.фокус», по результатам 2021 г.

прибыль компании составила 2,5 млн руб., по итогам 2020 г. – 237,1 млн руб. При этом баланс компании увеличился более чем в два раза: в 2021 г. он составил 8,5 млрд руб., в 2020 г. – 3 млрд руб.

В добавление ко всему, в начале апреля 2022 г., совместный проект «Роснано» и «Элвис» – «Элвис-неотек» выставил на продажу два своих чипа.

Согласно прогнозу J'son & Partners Consulting, российский рынок Интернета вещей вырастет к 2025 году практически в два раза: до 183,5 млрд руб. Основным стимулом станут облачные IoT-сервисы, системы «умного дома», инфраструктура промышленной и городской безопасности, к которым «Ростелеком», как и другие операторы связи, проявляет большой интерес в последние годы.

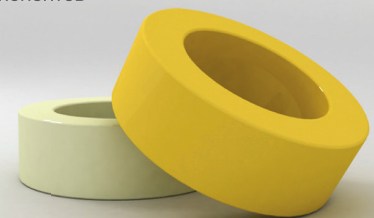
russianelectronics.ru



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU

