

## Варианты создания систем тестирования силовой электроники на базе новинок компании Elektro-Automatik

Александр ЛЕОНОВ  
alm@efo.ru  
Аида КАСАНОВА  
kam@efo.ru

В статье приведено несколько возможных вариантов построения систем тестирования силового оборудования на базе новых программируемых источников питания совместно с электронными нагрузками серии 9000 с рекуперацией энергии. Все рассмотренные приборы являются разработкой немецкой компании Elektro-Automatik, специализирующейся на производстве лабораторных источников питания и электронных нагрузок с расширенным функционалом для питания и тестирования оборудования.

Немецкая компания Elektro-Automatik представила на рынке новую серию источников PSI 9000 (рис. 1а), предназначенных для создания систем питания мощностью от 3,3 до 15 кВт на блок с внутренней и внешней модульной архитектурой. Что это значит? Возьмем для примера источник питания PSI 9200-2103U на 15 кВт. Он состоит из трех модулей по 5 кВт, объединенных параллельно выходу, с одной управляющей платой. Данная архитектура позволяет сохранить производительность блоков питания на достаточно высоком уровне при уменьшении мощности работы системы. В процессе использования 15-кВт источника на 20–30% от  $P_{\max}$  КПД остается максимальным (90–92%), как и при полной мощности источника, поскольку задействован лишь один из внутренних модулей. В то время как остальные модули подключаются при повышении нагрузки. Тот же принцип используется для создания систем до 150 кВт и более из N+1 источников питания, где в качестве модуля используется сам блок PSI 9000.

Блоки питания серии PSI 9000 как по отдельности, так и при объединении нескольких источников в систему, по электромагнитной совместимости, шумам и пульсациям (EMC) соответствуют стандарту EN 55022 Класс В (рис. 2). Источники питания такой мощности, удовлетворяющие данному стандарту, выпускает только компания Agilent Technologies.

Неизменным плюсом новых программируемых источников питания PSI 9000 является совместимость в работе с электронными интеллектуальными нагрузками ELR 9000 (рис. 1б), обеспечивающими возврат энергии в сеть с КПД до 93–95%. Подобная схема реализации имеет место, поскольку в приборах предусмотрены разъемы для подключения выхода электронной нагрузки сразу на клеммы питания источника, что позволяет создавать замкнутую сеть внутри предприятия, к которой, в свою очередь, может быть подключено стороннее оборудование, потребляющее электроэнергию.



Рис. 1. Оборудование для испытаний:  
а) PS 9080-1703U — программируемый источник питания;  
б) ELR 9080-170 — электронная нагрузка с рекуперацией

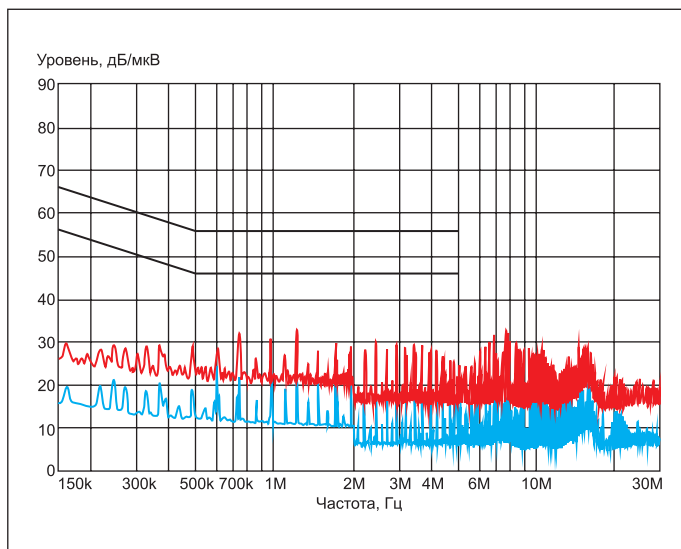


Рис. 2. Шумы и пульсации блока PSI 9000 в соответствии со стандартом EN 55022 Класс В

Таким образом, полностью рекуперативную систему можно реализовать в шкафу размером 19" (с возможностью перекомфигурирования по требованию заказчика). Следует заметить, что в зависимости от типа системы в шкаф может быть установлено до 15 блоков мощностью свыше 150 кВт.

Существует множество вариантов включения источников питания и электронных нагрузок в систему тестирования оборудования и управления через различные интерфейсы (USB, GPIB, CAN, LAN/Ethernet, RS232, Analog, Profibus и др.).

Для наглядности представим несколько возможных конфигураций систем тестирования.

**Конфигурация 1** (рис. 3а)

- 1 электронная нагрузка +
- 1 источник питания +
- 1 тестируемый объект E.U.T.

Это наиболее общая схема и наименее проблематичная.

В этом случае номинальные значения U, I и P для двух устройств должны совпадать.

**Пример:** ELR 9080-170 и PS 9080-170 3U (U = 0–80 В, I = 0–170 А).

Такая система подходит для тестирования бортовых сетей автомобиля, разъемов, реле, аккумуляторов и т. д. Например, в качестве генератора автомобиля можно использовать источник питания, запрограммированный на имитацию его работы, а электронная нагрузка может симулировать работу любого бортового оборудования, в частности стартера. Этот метод позволит протестировать в динамическом режиме всю электрику автомобиля, к примеру, заряд/разряд аккумулятора.

Предложенная конфигурация также используется для имитации различных нагрузочных условий на солнечные фотогальванические панели, чтобы определить их динамические характеристики при подключении к фотогальваническим инверторам.

**Конфигурация 2** (рис. 3б)

- 1 электронная нагрузка +
- множество источников питания +
- 1 тестируемый объект E.U.T.

Здесь источники питания соединяются с нагрузкой через Share Bus, что позволяет им работать в паре попеременно или в другом режиме с обратной связью для согласования. При этом источники питания синхронизируются между собой с равным распределением нагрузки, один из источников становится мастер-устройством, через которое осуществляется управление как с приборной панели, так и удаленно с ПК, а второй — ведомым.

По данной схеме в сети одновременно работают несколько источников питания

и одна электронная нагрузка. Соответственно, мощность, вырабатываемая источником, выше, чем потребляемая нагрузкой.

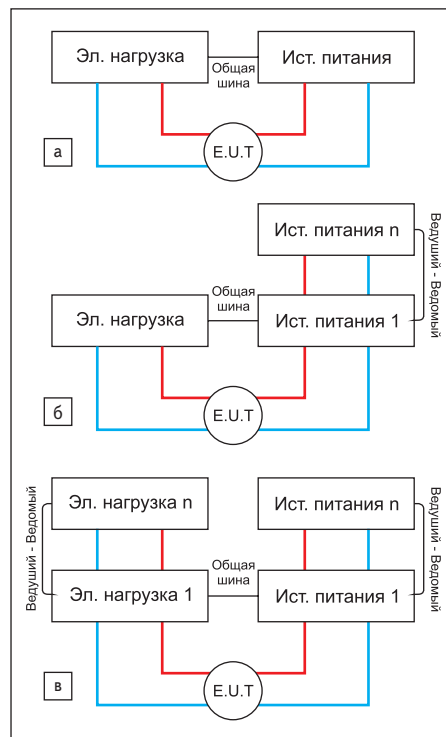
Подобные системы предназначены для случаев, когда тестируемое оборудование потребляет значительную часть энергии, а электронная нагрузка является элементом испытательной системы, работающей как прибор потребления энергии и ее возврата в сеть. Такой вариант обычно применяется для электромобильного оборудования (электродвигатели), где источник используется для питания электродвигателя, а возникающая ЭДС самоиндукции при «движении под горку» рекуперировать через электронную нагрузку энергию обратно в сеть. Описанный принцип запуска и рекуперации энергии тоже находит применение в тестировании индуктивных нагрузок, таких как магнитные ускорители, катушки, дроссели и трансформаторы, в которых внезапный разряд энергии (пиковые напряжения) отходит обратно к источнику постоянного тока и может привести к серьезному повреждению, если эта энергия не будет рассеяна/поглощена нагрузкой.

**Конфигурация 3** (рис. 3в)

- Множество электронных нагрузок +
- множество источников питания +
- 1 тестируемый объект E.U.T.

Данная схема актуальна для увеличения общей производительности системы тестирования.

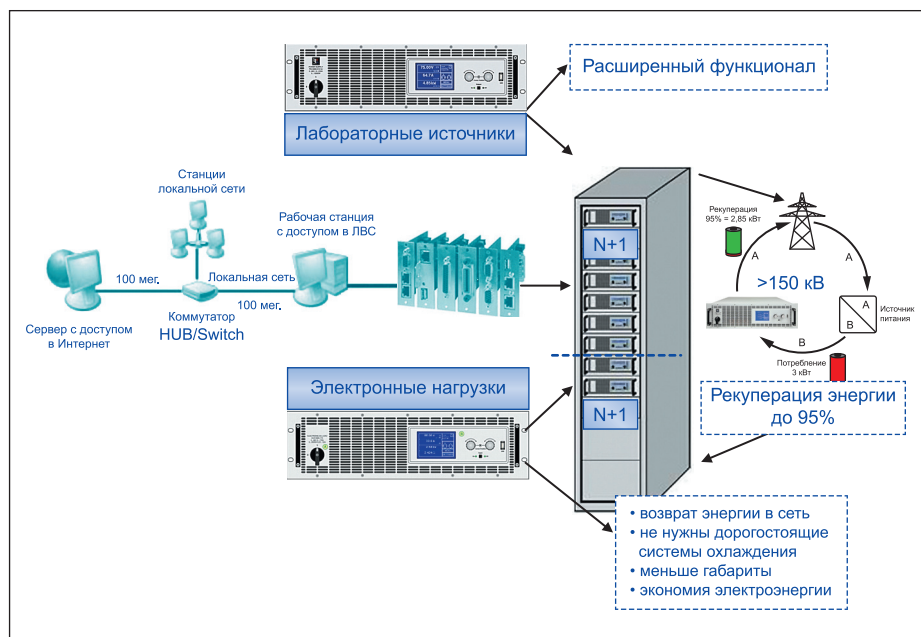
Возможна реализация смешанной комбинации в 19" 42U шкафах из различного количества источников питания и нагрузок общей мощностью более 150 кВт с возвратом в сеть до 93–95% от нагрузки (рис. 4). При таком подходе происходит снижение затрат



**Рис. 3.** Пример реализуемых систем тестирования и испытания:  
 а) конфигурация из 1 нагрузки и 1 источника;  
 б) конфигурация из 1 нагрузки и N+1 источников;  
 в) конфигурация из N+1 нагрузок и N+1 источников

на электроэнергию, обслуживание и установку систем охлаждения, которые требуются для традиционных электронных нагрузок, преобразующих входную DC-энергию в тепло.

Вышеописанные системы реализуются с программным управлением. Все блоки работают согласованно, автоматически тестируя оборудование — электродвигатели,



**Рис. 4.** Пример реализации системы тестирования (N+1) с рекуперацией энергии и компьютерным управлением

источники питания, IGBT, топливные элементы, аккумуляторные батареи для электротранспорта и автомобилестроения, стартеры, электропроводки и т. д.

Особенности программируемых источников питания серии PS 9000:

- 1-, 2- или 3-фазные сети питания с активным ККМ;
- гальванически изолированный выход DC;
- КПД до 96%;
- гибкая выходная характеристика;
- входные номинальные мощности до 15 кВт на блок;
- расширение системы до 300 кВт и более (19"-стойки);
- выходные напряжения до 1500 В (до 12 000 В — высоковольтные источники);
- EMC соответствует EN 55022 Класс B;
- FPGA/DSP цифровое управление;

- интегрированный генератор функций (синус, треугольник, трапеция и др.);
- встроенные типы защиты (OVP, OCP, OPP, OTP);
- запись профилей/программ пользователя;
- встроенный аналоговый интерфейс и USB;
- шина «ведущий/ведомый» для параллельного соединения;
- дополнительный порт USB для флэш-памяти;
- взаимозаменяемые интерфейсные модули RS-232, CAN, GRIB (IEEE), Profibus, Ethernet/LAN;
- программное обеспечение EasyPower;
- возможность управления через LabVIEW.

### Заключение

Из рассмотренных материалов можно сделать вывод о том, что программируе-

мые источники питания и электронные нагрузки, реализуемые компанией Elektro-Automatik, относятся к классу современных Hi-Tech-систем питания. Высокотехнологичное производство, а также активное внедрение инновационных технологий и новейших решений позволяет компании EA разрабатывать и производить многофункциональные продукты с широким спектром возможностей и универсальных в применении. ■

### Литература

1. Источники питания Elektro-Automatik. [www.powel.ru/producers/ea](http://www.powel.ru/producers/ea)
2. [www.elektroautomatik.de](http://www.elektroautomatik.de)
3. Леонов А., Сорокин С. Программируемые лабораторные источники питания компании Elektro-Automatik // Компоненты и технологии. 2014. № 7.