

«ЛЕГО» — это просто, или Новый взгляд на модульность. Программируемые источники питания и электронные нагрузки компании Elektro-Automatik

Модульность источников питания подразумевает их легкую взаимозаменяемость, наращивание дополнительного функционала и выходной мощности с помощью дополнительных модулей или блоков. Также предусмотрен быстрый ремонт источников питания простой заменой типового модуля. Всем этим условиям в той или иной степени соответствует небольшой ряд продуктов разных производителей, например National Instruments или Agilent, оборудование которых достаточно дорогое и предназначено для исследовательской деятельности. А собственно источников питания и электронных нагрузок на рынке немного.

Александр ЛЕОНОВ
alm@efo.ru

Этот недостаток готов исправить немецкий производитель программируемых лабораторных источников питания и нагрузок — компания Elektro-Automatik (EA). В линейку ее продукции входят приборы, построенные не только по модульному принципу, но и с применением новых схемотехнических решений, в том числе квазирезонансных схем с переключением в нуле токов/напряжений.

Модульные системы и взаимозаменяемость

Компания EA разрабатывает и серийно выпускает программируемые источники пи-

тания и электронные нагрузки мощностью от 320 Вт до 15 кВт на блок. Причем мощность можно нарастить, используя заложенную производителем модульность.

Вам нужна система питания на 30 или 45 кВт? Ее можно собрать в 19" шкафу из 15-кВт блоков, сохранив весь функционал одиночного прибора. В такой сборке один из блоков становится мастер-устройством, а остальные — ведомыми. Данное соединение возможно для 10 приборов суммарной мощностью до 150 кВт.

В принципе, объединение предусмотрено для любых одинаковых блоков EA мощностью от 1 кВт, что позволяет получать любые нестандартные мощности от 4 или 7 кВт вплоть до 150 кВт. Электронные нагрузки также обладают подобными возможностями при единственном ограничении: их максимальная мощность составляет 10,5 кВт на блок, а суммарная — 105 кВт. Общие мощности систем (рис. 1) из программируемых источников и нагрузок (например, мощные зарядно-разрядные станции) достигают 250 кВт.

Выход из строя одного блока системы практически не отражается на общей работоспособности системы тестирования. Имея запас по мощности в 10–15%, остальные блоки, синхронизируясь, распределят нагрузку между собой, по крайней мере на какое-то время. А благодаря модульности можно, заменив одно устройство, восстановить работоспособность всей системы, в то время как у других производителей подобные системы, построенные единым блоком, потребуют полного ремонта и остановки производства.



Рис. 1. Структура построения программируемой системы из модулей (программируемых источников постоянного тока и электронных нагрузок)

Модульность и ремонтпригодность

Компания Elektro-Automatik не только унифицировала свой модельный ряд, но и, оптимизировав схемотехнику программируемых источников питания и электронных нагрузок, распространила модульность и на внутренний конструктив.

EA разработала линейку внутренних блоков, из которых собирают готовые приборы. Так, источник питания 15 кВт в 3U-корпусе состоит из трех активных блоков (рис. 2) мощностью 5 кВт каждый, управляемых единым логическим блоком, который синхронизирует их работу и повышает общий КПД, достигающий 92%. При работе на малую (20–30%) нагрузку КПД 15-кВт лабораторного блока питания снижается, достигая максимум 70%, а зачастую и меньше. Это стандартная особенность всех источников питания, работающих на минимальную нагрузку.

В модульном устройстве при работе с 20%-ной нагрузкой и меньше процессор управления отключает незадействованные блоки, оставляя активным только один из них на 1/3/5 кВт (для разных блоков), для которого эта нагрузка превращается в 60% его мощности, сохраняя оптимальный КПД системы выше 90%.

Такой метод включения характерен для питания мощных процессоров, где контроллер отключает каналы при малой загрузке процессора. Это помогает и снизить себестоимость прибора, поскольку для построения систем мощностью 3–15 кВт используются



Рис. 2. Внутренний модуль программируемого блока мощностью 1, 3 или 5 кВт

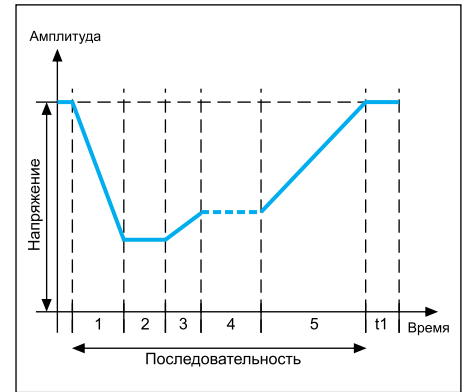


Рис. 5. Возможности программирования режимов заряда/разряда по точкам

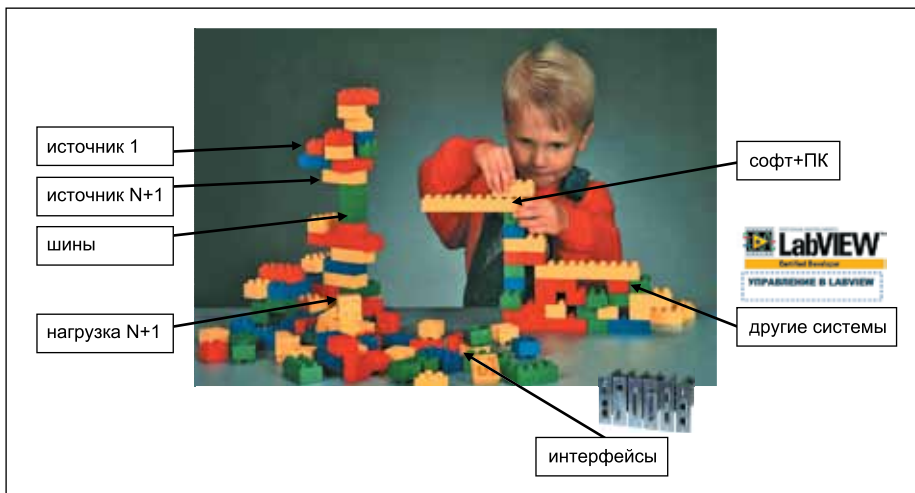


Рис. 3. Принцип модульного построения

унифицированные блоки, что улучшает ремонтпригодность прибора и сроки обслуживания в случае выхода из строя одного из внутренних блоков. Архитектура ЕА унифицирует и удешевляет сборку программируемых источников питания и позволяет отремонтировать данный прибор фактически на месте у пользователя. Диагностика также не составляет сложности, так как прибор выдает коды ошибок при неисправности, сопровождая их звуковым сигналом. По коду можно легко вычислить нерабочий модуль и заменить его прямо на месте, без пересылки прибора производителю.

Фактически системы ЕА в чем-то напоминают конструктор «ЛЕГО» (рис. 3), из которого можно собрать разные системы для самых различных задач.

Система тестирования из программируемых источников питания и электронных нагрузок Elektro-Automatik

Рассмотрим подобную систему на примере зарядно-разрядной станции для тестирования и прогонки суперконденсаторов (ионисторов). При емкости до нескольких



Рис. 4. Внешний вид суперконденсаторов (ионисторов) и сборка из них

десятков фарад токи и напряжения у сборок ионисторов (рис. 4) достигают значений 5000 А (1500 В) и выше. Для подробного расчета и контроля процесса тестирования производителю нужно знать и измерять множество параметров.

Зарядно-разрядная станция должна фиксировать и рассчитывать:

- емкость, Ф;
- энергию, Дж;
- ESR, мОм с точностью до 0,01;
- вольт-амперную характеристику;
- температуру объекта.

Возьмем в качестве испытуемого объекта (емкостной нагрузки) суперконденсаторы на двойном электрическом слое порядка 3000 Ф, 2,7–3 В, а точнее — модульные сборки из них до 70 В, 50 Ф, ЛИА. Ток заряда/разряда минимум 100 А во всем диапазоне напряжений 1–75 В.

Режимы (рис. 5) заряда и разряда (время, токи, напряжения) зададим самыми разнообразными, с циклированием. Длительность цикла порядка 1 мин, количество циклов — от 100 до 10 000 и более. Заряд постоянным током до 150 А (в идеале до 500 А), разряд без паузы током 150 А (в идеале 500 А). Напряжение заряда 2,7 В (минимальное), до 70 В (максимальное), хотя сборки могут быть и до 600 В, и разряд до 1,35 В/банку. Время переключения с заряда на разряд — без паузы, как при токе разряда/заряда в 300 и 150 А, так и возможность импульсного режима тестирования с паузами от секунд до минут.

Заказная программируемая зарядно-разрядная станция с напряжением 80 В и током 150 или 300 А, с возможностью выполнения циклических измерений и записью результатов на ПК (с системой регистрации вольт-амперных характеристик, расчетом энергии) стоит довольно дорого. При этом она узко специализирована на выполнение определенной задачи, перенастроить ее, например для тестирования разъемов, пережигания шин, эмуляции питания бортовой сети самолета/автомобиля, будет довольно сложно и дорого.

Реализовать данную задачу можно более простым путем, применив несколько модулей Elektro-Automatik.

Исходя из выходной ВАХ (рис. 6), для построения данной системы оптимальны варианты (другие варианты блоков приведены в табл. 1 и 2):

1. Программируемый источник питания EA-PSI 9080-340 3U (параметры: 0–80 В, 0–340 А, 10 000 Вт).

Программируемая электронная нагрузка EA-ELR 9080-340 3U (параметры: 0–80 В, 0–340 А, 7000 Вт).

Таблица 1. Программируемые источники питания Elektro-Automatik

| Семейство | PS 9000 1U | PSI 9000 2U | PS 9000 2U | PSI 9000 3U | PS 9000 3U |
|---------------------|--|-------------|------------|-------------|------------|
| Внешний вид | | | | | |
| Особенности | I — интеллектуальные на ПЛИС Графический дисплей со всеми установленными значениями и краткой информацией, секвенсор-последовательность, генератор функций Интерфейсы управления: CAN/RS-232/USB/GPIB/Profibus/Ethernet/Analog Динамичная реакция на изменение нагрузки ЭМС соответствует EN 55022 Класс B | | | | |
| Входное напряжение | 1-, 3-фазный вход (активный ККМ) | | | | |
| Выходное напряжение | 0–40 В/0–80 В/0–200 В/0–360 В/0–500 В/0–750 В/0–1500 В; 0–6 А до 0–510 А (параллельное вкл. более 5100 А) | | | | |
| Мощность | 0–1000/0–1500/0–3000/0–5000/0–10 000/0–15000 Вт (параллельное включение «мастер-ведомый» более 10 блоков) | | | | |
| Габариты | 19"×1U | 19"×2U | | 19"×3U | |

Таблица 2. Программируемые электронные нагрузки Elektro-Automatik

| Семейство | ELR 5000 | EL 3000 | EA-EL 9000 (HP) | EA-EL 9000 B | ELR 9000 (с рекуперацией) |
|--------------------|---|----------------------------------|--|--|---|
| Внешний вид | | | | | |
| Особенности | Цифровое управление, графический дисплей, аналоговый интерфейс, режимы тестирования батарей и т. д. Интерфейсы управления: CAN/RS-232/USB/GPIB/Profibus/Ethernet/Analog Параллельное включение более 10 блоков Рекуперация энергии обратно в сеть (КПД до 93%) | | | | |
| Напряжение питания | 85–264 В AC, ККМ >0,99 (1-, 3-фазный вход) | | | | |
| Входное напряжение | 0–80 В/0–200 В 0–10 А/0–25 А | 0–160 В/0–400 В 0–60 А/0–25 А | от 0–80 до 0–750 В от 0–25 до 0–600 А | от 0–80 В до 0–750 В от 0–20 до 0–510 А | от 0–80 до 0–1500 В от 0–22 до 0–510 А |
| Мощность | 0–320 Вт (на модуль) Сборка до 3200 Вт | 0–400 Вт | от 0–2,4 до 0–7,2 кВт | от 0–1,2 до 0–7,2 кВт | от 0–3,5 до 0–10,5 кВт (параллельное вкл. более 105 кВт) |
| Габариты | 19"×6U×500 | 240×120×300 | 19"×2U/3U/6U×460 | 19"×3U×464 | 19"×3U×609 |

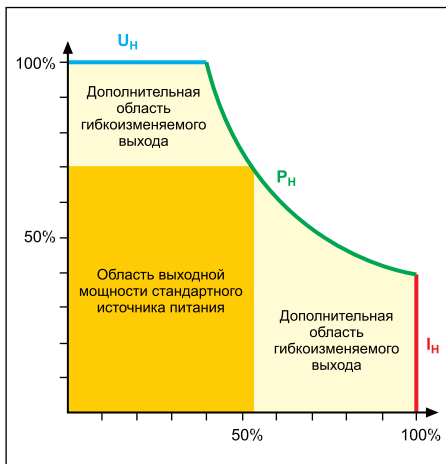


Рис. 6. Универсальный автодиапазонный выход

2. Программируемый источник питания EA-PSI 9080-510 3U (параметры: 0–80 В, 0–510 А, 15 000 Вт).

Программируемая электронная нагрузка EA-ELR 9080-510 3U (параметры: 0–80 В, 0–510 А 10 500 Вт).

Отличие у выбранных блоков состоит только в выходной мощности, хотя любую систему из них можно расширить, добавив параллельно еще один блок для повышения мощности. При этом в дальнейшем такую наборную систему нетрудно разбить на две менее мощные или использовать каждый блок/модуль в отдельности для решения других задач.

Для создания полнофункциональной системы нужно объединить программируемый источник питания с электронной нагрузкой по двухквadrантной схеме [3], как показано на рис. 7, используя выводы управления Share-Bus. Подобное включение позволяет упростить управление системой: в ней мастер-устройством становится источник питания, а электронная нагрузка, опираясь на заложенную в нее программу, изменяет режим тестирования, подстраиваясь под изменения напряжения и тока источника. Нет необходимости разделять управление электронной нагрузкой и источником, хотя такой режим работы допускается.

Мастер-устройством можно управлять не только через программное обеспечение с персонального рабочего места, но и путем загрузки в память программы испытаний. При этом можно выбирать приоритеты исполняемых команд от разных устройств управления. Например, если компьютер, с которого происходило управление, выйдет из строя, то систему легко переключить на программу, загруженную в память.

Запрограммировать электронные нагрузки и источники питания можно по-разному, чтобы сначала включался источник, заряжая конденсаторы, а затем включалась нагрузка в определенный период, или смоделировать любой другой режим по математической модели. В самом приборе нет готовой модели эмуляции активной индуктивной или емкостной нагрузки, где прописываются пара-

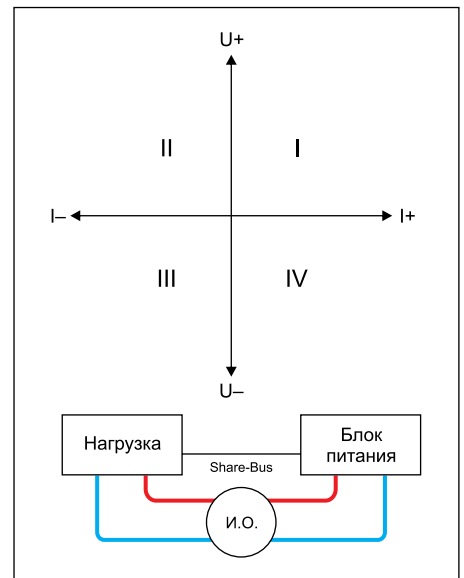


Рис. 7. Двухквadrантная схема включения источника и нагрузки

метры конденсатора, дросселя или трансформатора и другие параметры. Тем не менее программно это можно реализовать, создав любую модель, которая по формулам будет задавать значения токов и напряжений, работая по точкам (рис. 5), эмулируя нужные процессы (включение стартера и др.).

Также при использовании электронной нагрузки с рекуперацией энергии предусмотрен возврат до 93% мощности в сеть

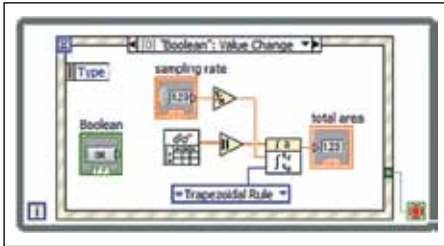


Рис. 8. Визуальная блок-схема LabVIEW

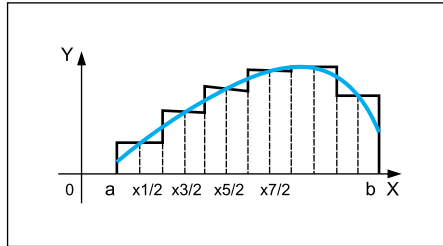


Рис. 9. Целочисленное интегрирование

- Запись профилей/программ пользователя.
- Охлаждение с контролем температуры.
- Модели 40 В соответствуют SELV (EN 60950).
- Интегрированный порт USB.
- Взаимозаменяемые интерфейс модули (опционально).
- Поддержка командного языка SCPI.
- Продукция соответствует стандартам: EN 61326, IEC 1010, EN 61010.
- ЭМС одобрена TUV по IEC 61000-6-2:2006 Класс В и IEC 61000-6-2:2005.

Заключение

При использовании модульного подхода и стандартных блоков компании EA не нужно переключать за узкоспециализированную систему, поскольку ни одна из них не измеряет емкость, индуктивность, энергию и т. д. — все это расчетные данные, полученные из измеренных токов и напряжений. Пользователь продукции EA при минимальных затратах получает универсальную систему, которую можно перестроить под любые другие задачи. К тому же вся линейка программируемых источников питания и электронных нагрузок включена в Реестр СИ и полностью сертифицирована для применения в России.

Литература

1. Источники питания Elektro-Automatik. www.powel.ru/producers/ea/
2. www.elektroautomatik.de
3. Леонов А., Касанова А. Варианты создания систем тестирования силовой электроники на базе новинок компании Elektro-Automatik // Компоненты и технологии. 2015. № 6.

предприятия при разряде тестируемых элементов (суперконденсаторов, аккумуляторов, индуктивностей), что существенно сокращает расходы на электроэнергию. Также предлагается реализовать замкнутый цикл тестирования, когда энергия разряда тратится на работу источника питания, заряжающего другую сборку из конденсаторов с небольшой компенсацией потерь энергии из сети (рис. 10).

Система способна записывать протокол измерений (I, U, P, R) или на USB-флэшку, или с помощью внешнего программного обеспечения в Excel-файл, или в другой нужный формат. При использовании LabVIEW (рис. 8) возможно объединение с оборудованием National Instruments и создание любых расчетов внутри программы с применением формул и математических моделей, графически выводятся все дополнительные данные: емкость, энергию, индуктивность и динамику их изменения. То есть все то же самое, чем, по сути, и занимаются специализированные программы готовых систем. Реализовать в LabVIEW подобный анализ не составляет труда, особенно при наличии у компании EA готовых драйверов

и виртуальных приборов. Кстати, подобной функцией целочисленного интегрирования (рис. 9) обладает даже Excel.

Особенности отдельных блоков модулей, а также сборок из них:

- Одно- или многофазный вход 340–460 В AC.
- КПД до 95,5%.
- Выходные мощности: 0–3,3; 0–5; 0–6,6; 0–10; 0–15; расширение до 150 кВт.
- Выходные напряжения: от 0–40 до 0–1500 В.
- Выходные токи: от 0–30 до 0–510, расширение до 0–5100 А.
- Гибко изменяемый, регулируемый мощностью выход.
- Встроенные типы защиты: OVP, OCP, OPP, OTP.
- Интуитивная сенсорная панель с отображением всех значений, статусов и оповещений.
- Компенсация падения напряжения.
- Гальванически изолированный аналоговый интерфейс:
 - U/I/P программируются 0–10 или 0–5 В;
 - U/I выходной мониторинг 0–10 или 0–5 В.
- Интегрированный генератор функций.
- Эмуляция фотовольтаических источников.
- Регулировка внутреннего сопротивления.

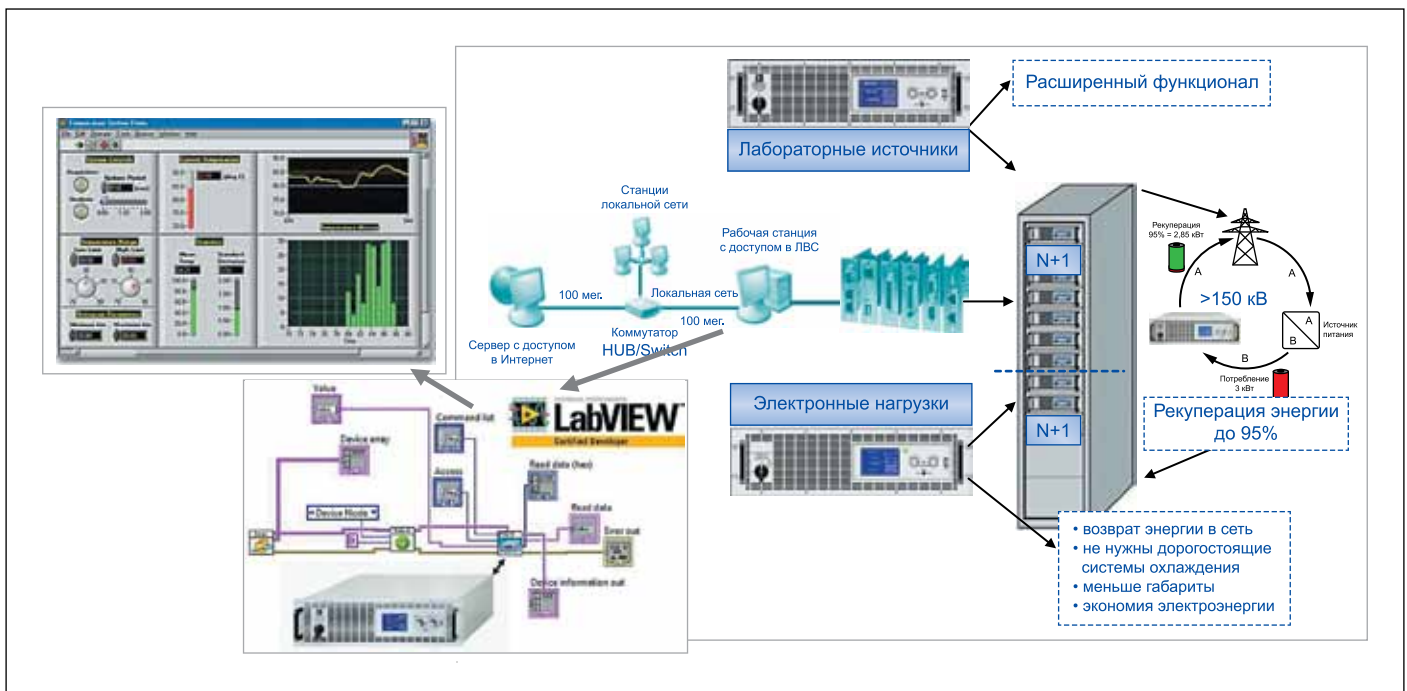


Рис. 10. Пример реализации системы тестирования (N+1) с рекуперацией энергии и компьютерным управлением