

Программно-управляемые лабораторные источники питания

и электронные нагрузки средней и большой мощности

Программируемые источники питания и электронные нагрузки — относительно новый вид контрольно-измерительных приборов, появившийся на мировом рынке около 10 лет назад и практически не выпускаемый отечественной промышленностью. В статье рассматриваются данные приборы, их основные технические характеристики, функциональные возможности и отличия, а также дается представление о современном состоянии мирового рынка.

Александр Подолько

testpribor@test-expert.ru

Лабораторные источники питания являются, наверное, одним из самых многочисленных видов контрольно-измерительных приборов любого радиотехнического предприятия. Они выдают «хорошее» номинальное напряжение (или ток) и нужны для настройки и функционального контроля элементов, узлов, модулей или блоков разрабатываемой или выпускаемой такими предприятиями аппаратуры.

Функциональный контроль в условиях статичного отклонения напряжения питания от номинального можно выполнить с помощью обычных, «ручных» лабораторных источников питания. А вот для контроля работы функциональных узлов в условиях динамически изменяемого во времени входного напряжения (кратковременные броски и провалы напряжения, импульсные и гармонические помехи и тому подобное) необходимы уже программируемые лабораторные источники питания, то есть такие, которые по заданной программе могут изменять выходное напряжение с интервалами в единицы миллисекунд.

Для проверки работы цифровых и аналоговых функциональных узлов это, как правило, программируемые источники питания постоянного тока, а для проверки и настройки блоков преобразователей напряжения, встраиваемых в аппаратуру, на их функциональную способность стабилизации выходного напряжения — программируемые источники питания (ИП) переменного тока и программируемые электронные нагрузки (ЭН).

Такой функциональный контроль просто необходим сегодня, когда резко возрос объем используемого радиоэлектронного и электротехнического оборудования и, соответственно, значительно возросло его взаимовлияние, в том числе и по цепям питания. «Сбой по питанию» являются самой распространенной причиной отказов в работе аппаратуры.

ЗАО «ТЕСТПРИБОР» в качестве системного интегратора уже около четырех лет занимается разработ-

кой и поставкой испытательных комплексов имитации бортовых систем электроснабжения (КИБС). Задачей КИБС является практическая реализация всех «нестабильностей» и помех, которые могут возникнуть в цепях питания и противодействие которым предусмотрено нормативными документами, регламентирующими работу системы электроснабжения. «Сердцем» таких комплексов являются программируемые источники питания. Кроме различных генераторов высоковольтных импульсов, генераторов высокочастотных напряжений и устройств связи/развязки, в состав КИБС, как правило, входят достаточно мощные электронные нагрузки. В рамках работы над комплексами нами был изучен, освоен и опробован целый ряд программируемых источников питания и электронных нагрузок разных производителей.

Являясь официальным системным интегратором нескольких зарубежных производителей и используя собственный опыт, мы планируем предложить российским разработчикам полный ассортимент программно-управляемых источников питания и электронных нагрузок большой (до 100 кВт и выше) и средней (до 5 кВт) мощности как основных элементов для самостоятельного построения ими различных испытательных и управляемых систем электропитания. С этой целью мы начинаем публиковать цикл материалов, посвященных данной теме. В настоящей статье мы определимся с терминологией и остановимся на одной из самых важных, на наш взгляд, характеристик программно-управляемых источников питания и электронных нагрузок, определяющих их «класс», — на скорости изменения выходного напряжения (для ИП) и скорости изменения сопротивления или потребляемого тока (для ЭН).

Сразу определимся с терминологией. Под программно-управляемыми источниками питания (ПУ ИП) мы понимаем источники, позволяющие управлять их выходным напряжением при помощи компьюте-

ра через какой-либо стандартный интерфейс. К ним же относятся источники питания, имеющие вход аналогового управления выходным напряжением, который позволяет пропорционально изменять выходное напряжение источника от 0 до максимального значения путем изменения напряжения в диапазоне 0–5(10) В, подаваемого с маломощного и, как правило, программируемого генератора.

Термин «программируемые» мы употребляем как частный случай термина «программно-управляемые» и применяем к источникам питания, имеющим собственную и, как правило, энергонезависимую память для хранения управляющей программы встроенного в источник питания микропроцессора. Эта программа управляет изменениями во времени выходного напряжения (в том числе и с командами управления скоростью перехода от одного значения к следующему), частоты (для АС) и пределов выходного тока. Управляющая программа может быть введена вручную — с клавиатуры лицевой панели источника, либо пишется на компьютере и передается в память источника по какому-либо цифровому интерфейсу. Фактически такие ИП являются генераторами сигналов произвольной формы, но с непоставимой для генераторов высокой выходной мощностью. Встроенная память не только обеспечивает автономность работы источника от компьютера, но и дает возможность более точного задания временных интервалов и практически исключает задержки в выполнении команд, связанные с их передачей по цифровому интерфейсу. Задержка на время передачи команд полностью исключается при использовании аналогового входа для управления выходным напряжением, но это требует применения дополнительного генератора сигналов произвольной формы, который может иметь свои собственные задержки во времени исполнения команд изменения своего выходного напряжения.

О скорости изменения выходного напряжения

Основным отличием и тех, и других от обычных «ручных» лабораторных ИП является возможность очень быстрого и точного изменения выходного напряжения, что необходимо для проведения всевозможных испытаний или, например, для управления электродвигателем. Поэтому одной из наиболее важных характеристик таких источников является максимальная скорость увеличения/уменьшения выходного напряжения. Эта характеристика существенно влияет на стоимость источника питания, особенно большой мощности. В относительно недорогих импульсных ИП обычно скорость увеличения (подъема) выходного напряжения выше, чем скорость его уменьшения (спада) и обе эти характеристики сильно зависят от отбираемой от источника мощности.

Все вышесказанное относится и к электронным нагрузкам, работающим в динамическом режиме, с той лишь разницей, что в этом слу-

чае речь идет не о скорости изменения выходного напряжения, а о скорости изменения сопротивления нагрузки или потребляемого тока. Ниже будут приведены сравнительные таблицы кратких технических характеристик нескольких серий ПУ ИП с указанием максимальной скорости изменения выходного напряжения и их примерной ценой.

Одни из основных производителей ПУ ИП и ЭН

Последние два-три года нами (ЗАО «ТЕСТПРИБОР») в качестве ПУ ИП предлагались: постоянного тока — продукция немецкой фирмы Toellner, переменного тока — продукция Callifornia Instruments (США), а в качестве программно-управляемой нагрузки — продукция фирмы ITech Electronics (США).

Тщательно изучив современные тенденции и состояние с серийным производством

ПУ ИП в мире, сегодня в качестве альтернативы мы готовы предложить продукцию еще трех зарубежных компаний: итальянской DANA S.R.L., немецкой ET System и Chroma (Тайвань). Все они специализируются на производстве программно-управляемых изделий силовой электроники: это линейные и импульсные лабораторные ИП и ЭН постоянного и переменного тока, усилители мощности и четырехквандрантные усилители, а также очень широкий спектр встраиваемых преобразователей напряжений. Основные характеристики продукции этих компаний приведены в сравнительных таблицах 1–4.

Кроме представленных здесь отличий в скорости изменения выходного напряжения, диапазона мощностей и выходного напряжения, габаритных и стоимостных показателей, источники питания могут значительно различаться как в точностных ха-

Таблица 1. Линейные источники питания постоянного тока

Производитель	Toellner	DANA	DANA	ET System
Серия	TOE 88xx5	SO	DE	LAB/S
Мощность P _{max} , кВт	0,16–5,12	0,5–5	0,5–4	0,5–4,5
Напряжение U _{max} , В	16–120	50–400	16–280	35–150
Ток I _{max} , А	P _{max} /U _{max}			
Скорость подъема, В/мс	0–2000	0–1000	0–400	0–100
Скорость спада напряжения, В/мс	0–2000	0–1000	0–400	0–100
Габариты, Ш×В	19"×9У/1 кВт	19"×2,5У/1 кВт	19"×3У/1 кВт	19"×2У+2У/1 кВт;
Стоимость	≈14000 €/1 кВт	≈2800 €/1 кВт	≈2000+1500 €/1 кВт	≈1500+1000 €/1 кВт

Таблица 2. Импульсные источники питания постоянного тока

Производитель	Toellner	ET System	ET System	Chroma
Серия	TOE 887x	LAB/HP	LAB/SM	62000P
Мощность P _{max} , кВт	1; 1,5	5–15	0,5–14	0,6–5
Напряжение U _{max} , В	40–400	40–1200	20–300	30–600
Ток I _{max} , А	2 кВт/U _{max} ; 4 кВт/U _{max}	P _{max} /U _{max}	P _{max} /U _{max}	P _{max} × 4/U _{max}
Скорость подъема, В/мс	0–≈20	0–≈10	0–≈12	0–≈10
Скорость спада напряжения, В/мс	0–≈10	0–≈8	0–≈10	0–≈10
Габариты, Ш×В	19"×3У/1 кВт;	19"×3У1 кВт	19"×1У/1 кВт;	19"×1У/1 кВт
Стоимость	≈3000 €/1 кВт	≈2000+400 €/1 кВт	≈500+600 €/1 кВт	≈1000+500 €/1 кВт

Таблица 3. Источники питания переменного тока

Производитель	Toellner	DANA	ET System	Chroma
Серия	Compact iX	DCFR	EAC-S	61700
Мощность P _{max} , кВт	0,75–2,25	0,5–5,0	0,25–10	1,5–12
Диапазон частоты, Гц	15–1000, DC	15–400, DC	1–500 (опц. 1; 2 кГц), DC	15–1200
Фазы	1/3	1 (опц. 3)	1 (опц. 3)	3
Напряжение U _{max} , В	150; 300	135; 270;	300 (опц. 500; 700)	300
Ток I _{max} , А	P _{max} × 1,3/U _{max}	P _{max} /U _{max}	P _{max} × 2/U _{max}	P _{max} × 2/U _{max}
Скорость подъема, В/мс	0–200	0–100	0–50	0–50
Скорость спада напряжения, В/мс	0–200	0–100	0–30	0–30
Габариты, Ш×В	19"×1,5У/1 кВт	19"×2У/1 кВт;	19"×5У+2У/1 кВт	19"×1,5У/1 кВт
Стоимость	≈5000 €/1 кВт	≈3500 €/1 кВт	1500+2300 €/1 кВт	2500+2000 €/1 кВт

Таблица 4. Электронные нагрузки

Производитель	ITech	ET System	DANA	Chroma
Серия	IT8500	ELP/SLM	DSOT	63200
Род тока	DC	DC	DC	DC
Мощность P _{max} , кВт	0,3–6	1–8	0,5–5,0	2,6–15,6
Напряжение U _{max} , В	60–500	60–400	40–80	80; 500
Ток I _{max} , А	30–480	до 150	P _{max} /U _{max}	до 1000А
Скорость подъема, В/мс	0–400	0–500	0–500	до I _{max} /0,02мс
Скорость спада напряжения, В/мс	0–400	0–500	0–500	до 25000
Габариты, Ш×В	19"×2У/1 кВт	19"×2У+2У/1 кВт	19"×5У/1 кВт	19"×2У+1У/1 кВт
Стоимость	1000+1500 €/1 кВт	800+1200 €/1 кВт	1700+1100 €/1 кВт	1500+2000 €/1 кВт

рактических характеристиках, так и по функциональным возможностям. Это нестабильность по сети и по нагрузке, время восстановления после резкого изменения нагрузки или, например, спектральный анализ или гармонический синтез выходного напряжения переменного тока. Большинство ПУ ИП допускают кратковременное превышение максимального тока, а также с помощью сенсорных выходов позволяют обеспечить компенсацию падения напряжения на проводах, соединяющих ИП с нагрузкой.

Сравнительному анализу вышеуказанных технических характеристик и прежде всего функциональных возможностей различных серий предлагаемой продукции и будут посвящены следующие публикации. Упомянутыми выше сериями далеко не ограничивается ассортимент продукции, выпускаемой фирмами DANA, ET System и Chroma. Каждая из этих фирм производит около десятка серий ПУ ИП DC (в том числе и мощностью более 100 кВт), примерно столько же серий для AC (до 150 кВт), около двух десятков серий ЭН постоянного и переменного (одно- и трехфазного) тока мощностью до 150 кВт, а также несколько серий двух- и четырехквadrантных усилителей.



Рисунок. Программируемый источник питания компании Chroma