

# Комплексы имитации сетей электропитания для испытаний технических средств

**Михаил Попов (Москва)**

**В статье описаны функциональные возможности типовых комплексов имитации помех и нестабильностей в бортовой сети электропитания постоянного и переменного тока.**

Проблема обеспечения надёжной работы современных технических средств (ТС), особенно радиоэлектронной аппаратуры, в условиях воздействия помех и различных нестабильностей в сети их электропитания всегда была актуальной. Отраслевые и государственные стандарты регламентируют качество электрической энергии как в сети общего назначения, так и в автономных системах электроснабжения (СЭС) различных объектов, а также помехи, наводимые на шины питания различными внутренними и внешними источниками (гармонические и импульсные помехи от радиочастотного излучения, коммутации, молниевых и электростатических разрядов). Требования и методы проверки ТС на соответствие качеству электропитания и электромагнитной совместимости (ЭМС) также изложены в многочисленных отечественных и международных стандартах.

Выполнение данных требований в полном объёме с проведением

испытаний ТС на восприимчивость к помехам в сети питания до недавнего времени сдерживалось отсутствием аттестованного испытательного оборудования – имитаторов СЭС, которые обеспечивали бы моделирование всех необходимых показателей качества электроэнергии.

ЗАО «ТЕСПРИБОР» уже несколько лет успешно разрабатывает и поставляет на промышленные предприятия испытательные комплексы для проведения испытаний ТС на соответствие требованиям, установленным как в государственных и отраслевых нормативных документах, так и в частных технических требованиях заказчика. При этом могут быть сформированы комплексы:

- для проведения испытаний авионики, устанавливаемой на борт самолёта или вертолёт, на соответствие требованиям ГОСТ 54073-2010 (19705-89), МУ-160, КТ-160, ДО-160Д;
- для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для оснащения

автомобилей и бронетанковой техники, на соответствие требованиям ГОСТ 28751-90, ГОСТ В 21999-86;

- для проведения испытаний аппаратуры, устанавливаемой на борт кораблей и подводных лодок;
- для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для оснащения передвижных пунктов связи, на соответствие ГОСТ РВ 51937-2002;
- для проведения испытаний аппаратуры, предназначенной для установки на искусственные космические объекты.

Комплексы обеспечивают:

- питание ТС электроэнергией с заданными параметрами качества;
- генерацию стационарных и импульсных электрических (магнитных) полей (по заказу);
- создание на шинах питания кондуктивных помех (по заказу).

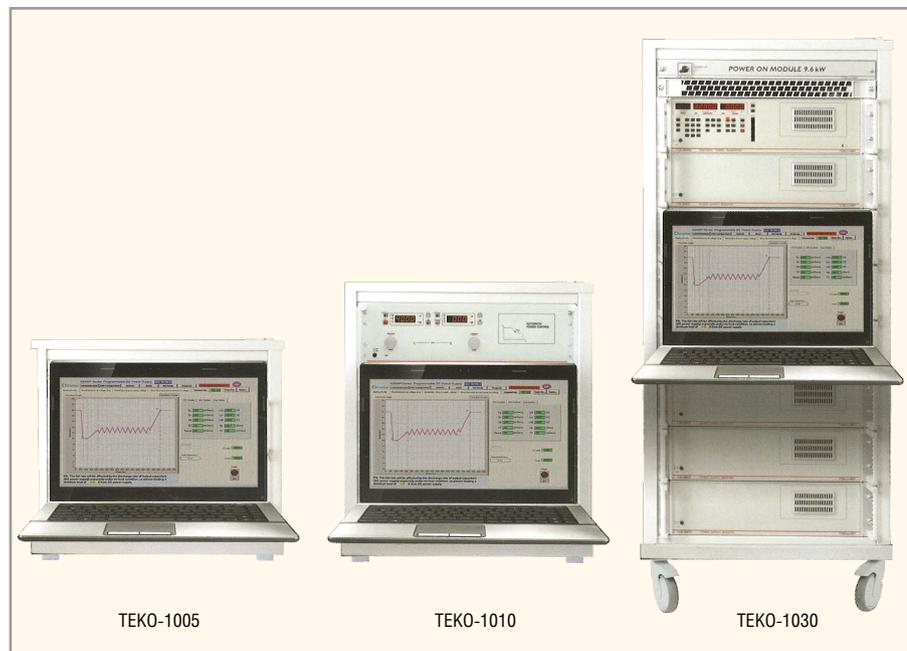
Эти комплексы описаны в литературе [1].

Дальнейшим развитием этого направления деятельности компании стало создание типовых, оптимизированных по стоимости и функциональным возможностям моделей комплексов постоянного тока серии ТЕКО-1000 (см. рис. 1) и переменного тока серии ТЕКО-2000.

В соответствии с функциями комплекс состоит из следующего оборудования (см. рис. 2):

- источника – имитатора постоянного тока и/или программируемого источника – имитатора переменного тока (однофазного или трёхфазного), способного изменять выходное напряжение (и частоту) в широких пределах, обеспечивая требуемые в нормативно-технической документации (НТД) параметры;
- персонального компьютера (ПК) с необходимым программным обеспечением;
- цифроаналогового преобразователя, формирующего необходимые управляющие сигналы, подаваемые на источник-имитатор;
- осциллографа – приставки к ПК для контроля имитируемых процессов питающей сети (по заказу).

Всё оборудование размещено в стандартном 19-дюймовом шкафу (настоль-



**Рис. 1. Типовые КИБС серии ТЕКО-1000**

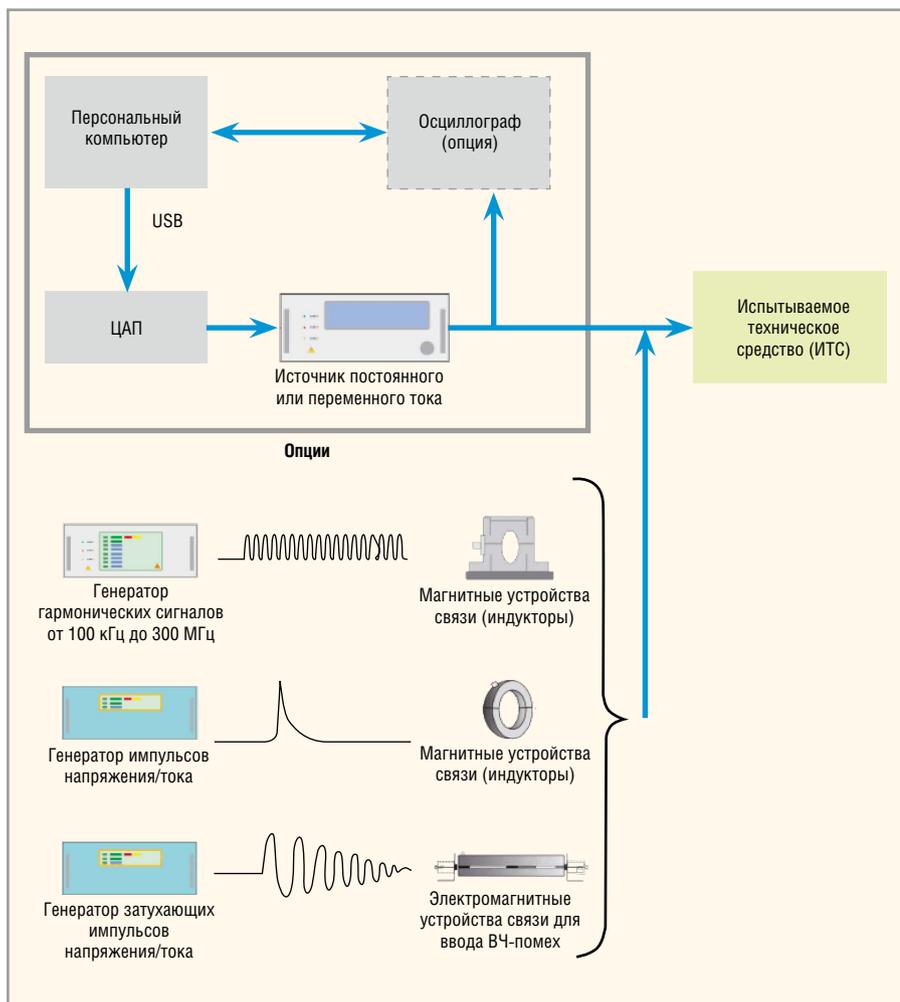


Рис. 2. Функциональная схема комплекса имитации

ном или напольном). Источник электропитания выбирается в зависимости от рода имитируемой сети и требуемой мощности. В качестве источников постоянного тока могут использоваться как модели на основе линейной стабилизации напряжения, так и с использованием импульсных методов преобразования энергии.

Главными достоинствами источников питания на основе линейного стабилизатора напряжения являются формирование очень чистого питания и возможность обеспечить очень быстрое (не более 200 мкс) программное изменение напряжения во всём выходном диапазоне. Эти свойства в совокупности с прилагаемым программным обеспечением для построения зависимостей выходного напряжения позволяют имитировать наложение на постоянное напряжение переменного напряжения (пульсаций) с частотой до 20 кГц. Кроме того, существуют возможности «подмешивать» в питание мощной нагрузки гармонические колебания до 100 кГц, вырабатываемые обычным лабораторным

маломощным генератором. Есть и другие функции, полезные для испытания аппаратуры, например, возможность кратковременной отдачи в цепь питания тока, в три раза превышающего номинальный (максимальный).

Для имитации сети постоянного тока предлагаются программируемые источники питания немецкой фирмы Toellner Electronic Instrumente GmbH серий TOE 88X5-YY или управляемые по аналоговому интерфейсу источники итальянской фирмы DANA S.r.l. (Италия). Данные источники имеют высокое быстродействие по изменению напряжения во всём выходном диапазоне (время изменения напряжения от 10 до 90% диапазона не более 200 мкс), т.к. они построены на основе линейных стабилизаторов напряжения.

Серия TOE 88X5-YY представлена широким модельным рядом с диапазоном выходного напряжения от 0 до 100 В и токами от 0 до 320 А. Конструктивно источники данной серии реализованы по модульному принципу: один модуль является ведущим,

остальные ведомыми (бустерами). Количество бустеров устанавливается в зависимости от необходимой мощности. Ведущий модуль поддерживает до 15 бустеров, что позволяет, например, построить имитатор СЭС номинального напряжения 27 В с мощностью более 1,5 кВт.

Комплексы имитации сети переменного тока строятся на основе программируемых источников питания как однофазных, так и трёхфазных моделей (с возможностью работы в однофазном режиме) с максимальной мощностью до 18 кВт. Однофазные источники могут (для увеличения мощности) работать параллельно; также их можно сконфигурировать в трёхфазные источники.

В режиме переменного тока эти программируемые источники питания позволяют выдавать любое напряжение питания от 0 до 300 В с частотой от 16 до 1000 Гц. Напряжение может быть модулировано как по амплитуде, так и по частоте, а для трёхфазных источников может быть запрограммирован фазовый сдвиг, изменяемый во времени, и разбаланс напряжений в различных фазах. Также возможно получение переменного напряжения со сдвигом на постоянную составляющую. Источники питания фирмы Chroma (Тайвань) серий 61500 и 61700 являются наиболее перспективными для использования в этих комплексах.

Для управления источниками в составе комплексов имитации сети постоянного тока специально разработано программное обеспечение TestPribor-KIBS, предоставляющее широкие возможности автоматизации всего цикла (или отдельных его этапов) испытаний ТС на устойчивость к искажениям параметров качества питающей сети в соответствии со всеми требованиями НТД (см. рис. 3). Программа имеет интуитивно-понятный интерфейс и позволяет создавать, редактировать и выполнять циклы испытательных воздействий на устойчивость к помехам по сети электропитания с автоматическим воспроизведением требуемых значений напряжения (частоты) электропитания и подачи их на испытуемое ТС в заданной временной последовательности.

- Имитируемые процессы:
- изменения напряжения (частоты) от 0 до 100% номинального и перерывы питания любой длительности;

- пульсации напряжения с требуемым гармоническим составом (гармоники с частотой от 0,1 до 100 кГц), а также с амплитудной и частотной модуляцией;
- изменения угла сдвига фаз и небаланса напряжений в трёхфазной сети.

Достоинством программы является работа с любым источником питания, имеющим аналоговый интерфейс управления, и настройка под любой диапазон выходных и управляющих напряжений. Имеется возможность воспроизведения как отдельных этапов испытаний с сохранением параметров в пользовательский файл, так и всего испытательного цикла воздействий, записанных в различных пользовательских файлах (см. рис. 4).

Интерфейсом между источником и программой TestPribor-KIBS служит модуль аналогового вывода на основе цифроаналогового преобразователя фирмы National Instruments (США).

Выбор устройств генерации импульсных и гармонических помех для разных типовых вариантов комплектации в основном определяется требованиями НТД. В одних случаях используются ранее описанные возможности источников питания, в других – стандартные лабораторные генераторы с широкополосными усилителями мощности или специализированные генераторы высоковольтных импульсов и мощные генераторы гармонических помех.

Эти генераторы формируют помехи, нормированные по форме, частоте и амплитуде в соответствии с международной системой стандартов по ЭМС для электросетей общего назначения. Форма, частота и амплитуда допустимых помех, регламентированная отраслевыми стандартными, часто отличаются от сигналов, вырабатываемых серийно выпускаемыми генераторами. Например, импульсы напряжения, возникающие в электросети общего назначения, имеют длительность 100 мкс, а в авиационной СЭС по ГОСТ 54073-2010 указана длительность 10 мкс. Используя различные схемы согласования («рассогласования»), аттенуаторы и дополнительные нагрузки, можно преобразовывать формы импульсов одного стандарта в импульсы другого стандарта.

Исходя из требований заказчика, специалисты предприятия могут



Рис. 3. Вид главного окна программы TestPribor-KIBS

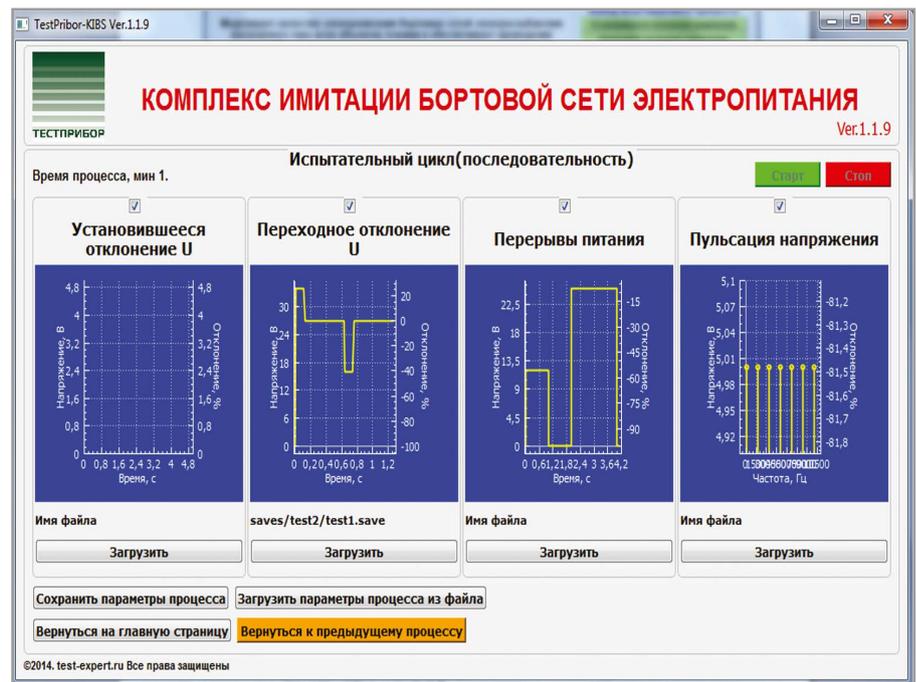


Рис. 4. Вид окна испытательного цикла программы TestPribor-KIBS

сконфигурировать оптимальный вариант испытательного комплекса требуемой мощности. Компактность и удобство использования предлагаемых комплексов позволяет задействовать их на всех этапах жизненного цикла оборудования: от разработки до приёмосдаточных испытаний, а также при аттестации серийно выпускаемой продукции, в том числе зарубежной.

В заключение следует отметить, что поставляемые комплексы имитации могут быть аттестованы по

ГОСТ Р 8.568-97 с участием специализированных организаций, аккредитованных ФГКУ ГНМЦ МО РФ на возможность проведения испытаний оборудования на соответствие требованиям, установленным конкретной НТД.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гудков С.А. Оборудование для проведения испытаний технических средств на соответствие требованиям по электропитанию. Компоненты и технологии. № 9. 2011. С. 177–180.