

LanPro — ИБП «в параллель», или

Теория и практика построения высоконадежных параллельных систем бесперебойного питания на малых мощностях

Параллельное включение нескольких ИБП используется для построения высоконадежных резервируемых систем электропитания малой, средней и большой мощности. Результаты тестирования параллельной системы из двух источников бесперебойного питания производства компании IMV LanPro 6-11 подтвердили теорию.



a company of GE Digital Energy



Сергей ТВЕД

В течение последних нескольких лет произошло существенное обновление модельных рядов ИБП практически всех ведущих производителей. Появились устройства, гарантирующие высокую надежность электропитания благодаря различным технологиям. Одна из них — «избыточная параллельная архитектура» (RPA — Redundant Parallel Architecture) — уникальная технология компании IMV для систем бесперебойного питания не только большой, но также малой и средней мощности. Такие ИБП решают сразу несколько задач: позволяют поэтапно наращивать выходную мощность системы при росте нагрузки и получать уровень резервирования нагрузки по любой из известных схем: N+1, N+2 или N+3.

ИБП серии LanPro (полное название Lan Protection само говорит о назначении этого оборудования) обеспечивают защиту малых, средних и больших сетей обработки и передачи данных. Модельный ряд включает следующие серии: LanPro-11 (табл. 1), LanPro-31T, а также LanPro-33 (табл. 2). Первая цифра для всех серий указывает на количество фаз на входе ИБП, вторая — на выходе. ИБП серии LanPro-31T по выходной мощности и основным характеристикам аналогичны серии LanPro-11 и отличаются лишь трехфазным входным и однофазным выходным напряжением.

Источники могут работать как в режиме резервирования нагрузки, так и в параллельном режиме без резервирования благодаря технологии RPA.

Принцип построения параллельных систем, реализованный в ИБП

серии LanPro (рис. 1), позволяет строить системы питания с максимально высокой степенью надежности. В решениях LanPro отсутствует единая точка или модуль, выход из строя которых может привести к потере работоспособности системы в целом. Силовая часть во всех ИБП объединена по входу и выходу. Управляющая часть каждого ИБП объединена в «кольцо» посредством высокоскоростной шины передачи данных — HSB (High Speed Bus). Все ИБП этой системы работают как одно целое: отказ одного из модулей управления не влияет на надежность системы управления, так как HSB при отказе или конфликте в системе управления одного из ИБП не размыкается, теряется только часть системы. В данном случае кольцевая схема синхронизации и децентрализованное управление

Таблица 1. Технические характеристики моделей ИБП семейства LanPro-11

Модель	LanPro 3-11	LanPro 5-11	LanPro 6-11	LanPro 8-11	LanPro 10-11
Мощность, кВА/кВт	3/2,4	5/4	6/4,8	8/6,4	10/8
Время поддержки при нагрузке 50/100%, мин.	25/10	25/10	20/8	29/11	29/11
Габариты, мм	537 × 310 × 580	537 × 310 × 580	537 × 310 × 580	680 × 310 × 710	680 × 310 × 710
Вес с батареями, кг	85	110	115	170	190
Максимальный диапазон входного напряжения, В	132—285, одна фаза				
Выходное напряжение, В	220/230/240 (стабильность 1%, 1 фаза, выбор значения с передней панели)				
Входная частота, Гц	40—70				
Выходная частота, Гц	50 или 60, выбор с передней панели				

обеспечивают максимальную надежность.

Теория подтверждается практикой

Если реализована система с резервированием, то из такой системы совершенно безболезненно можно изъять один ИБП, провести регламентные работы, подключить его в систему, а затем изъять из системы следующий ИБП для аналогичной процедуры. Кроме того, подобные системы позволяют добиться максимальной эксплуатационной надежности и времени наработки на отказ (подробнее об этом — в статье «Оценка надежности систем гарантированного электроснабжения», «СиБ», № 1, 2001, стр. 40–46).

Минимизация времени сервисного обслуживания, отсутствие, как такового, времени простоя при аварийной ситуации, гибкость подобной системы — это еще ряд требований, которым соответствует избыточная параллельная архитектура.

Но все же...

На практике до недавнего времени применялись в основном децентрализованные системы гарантированного электроснабжения, которые предполагают установку и использование одиночных ИБП в диапазоне мощности 300–3000 ВА. Одна из причин популярности таких решений — простота: достаточно приобрести требуемое количество источников, вставить кабель с вилкой в розетку и подключить к ним компьютер, сервер, и так далее...

Однако даже в условиях удовлетворительного электроснабжения их применение далеко не всегда эффективно, тем более в неудовлетворительных условиях, особенно при решении защиты ответственных потребителей, требующих гарантированной доступности электропитания 24 часа в сутки.

Системы бесперебойного питания на основе множества распределенных ИБП небольшой мощности имеют некоторые недостатки.

Во-первых, отдельно стоящие ИБП небольшой мощности и отно-

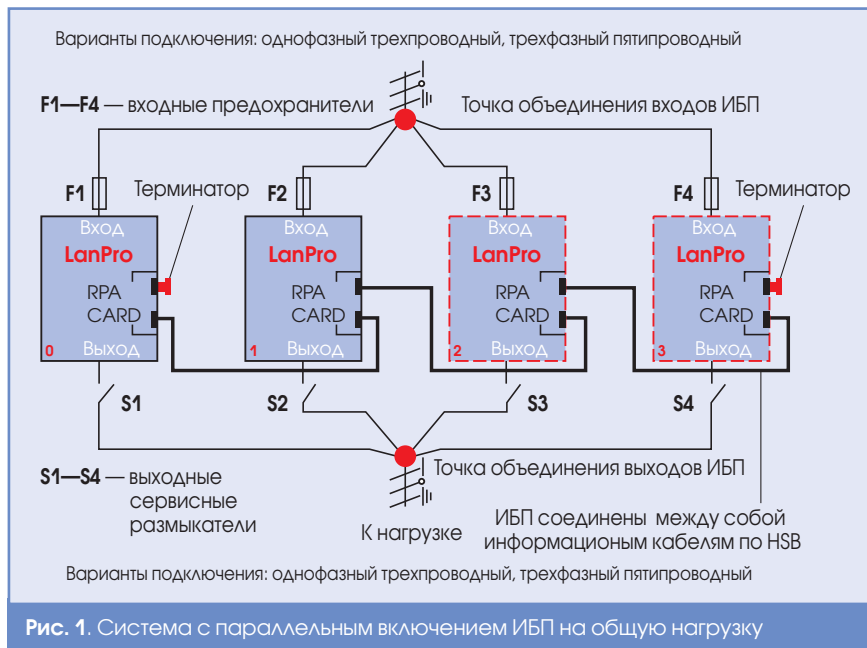


Рис. 1. Система с параллельным включением ИБП на общую нагрузку

сительно недорогие в силу своей архитектуры не обеспечивают требуемого качества питания и защиты нагрузки. А в отдельных случаях не содержат во входных цепях элементарных сетевых фильтров и полноценных цепей защиты от высоковольтных всплесков.

Во-вторых, физически отсутствует возможность «маневра мощностью» при длительном, более 20 минут, отключении питания. В этом случае, имея централизованный ИБП, можно было бы отключить менее критичную нагрузку системы и продлить «жизнь» более важного оборудования.

В-третьих, надежность такой системы в целом недостаточно высока.

В-четвертых, управлять множеством независимых ИБП очень неудобно, а в некоторых случаях достаточно сложно, так как чем ниже мощность ИБП, тем ниже его «интеллект» и, следовательно, меньше воз-

можностей удаленного управления.

Практика показала — централизованное решение лишено всех указанных недостатков. Нагрузка постоянно «запитана» высокостабильным (отклонение 1–2%) напряжением, абсолютно исключены высоковольтные выбросы, амплитудные и частотные искажения. Как правило, такие устройства содержат выходной, а в некоторых случаях и входной трансформаторы гальванической развязки. Обязательно имеются входные и выходные фильтры с цепями защиты от высоковольтных выбросов и статических разрядов. Кроме того, централизованные ИБП обеспечивают массу других преимуществ, среди которых, например, коррекция коэффициента мощности.

И, пожалуй, самое главное: жизненный цикл централизованного источника бесперебойного питания намного дольше, а затраты в эксплуатации меньше, чем у группы его

Таблица 2. Технические характеристики моделей ИБП семейства LanPro-33

Модель	LanPro 10-33	LanPro 20-33	LanPro 30-33
Мощность, кВА/кВт	10/10	20/20	30/30
Время поддержки 50/100% нагрузка, мин.	18/7	18/7	18/7
Габариты, мм	1350 x 520 x 780	1350 x 520 x 780	1350 x 680 x 780
Вес с батареями, кг	280	400	530
Максимальный диапазон входного напряжения, В	300–460, три фазы/4 провода		
Выходное напряжение, В	380/400/415 (стабильность 1%, 3 фазы/4 провода, выбор значения с передней панели)		
Входная частота, Гц	45–65		
Выходная частота, Гц	50 или 60, выбор с передней панели		

IMV LanPro и SitePro

Избыточная параллельная архитектура — технология, реализованная в моделях ИБП IMV серий LanPro и SitePro.

ИБП серии LanPro-11 сконструированы для применения в офисах, в небольших сетях и центрах обработки данных. Диапазон мощностей — от 3 до 10 кВА.

Соответствующий уровень избыточности или наращивания выходной мощности системы выбирается уровнем нагрузки либо подключением дополнительных устройств. При этом очень важно для избежания дисбаланса нагрузки по фазам при использовании параллельной системы понимать перспективу роста нагрузки. Если ввод общей городской сети не позволяет иметь нагрузку более 5—10 кВА по одной из фаз, а внутренняя выделенная сеть гарантированного питания уже однофазная, то можно использовать серию LanPro 31T (3 фазы на входе и 1 фаза на выходе, с трехфазным байпасом). Эти устройства также поддерживают технологию RPA. Модели имеют номиналы выходных мощностей: 5, 6, 8, 10 кВА. Ряд ИБП LanPro-33 — самый мощный в этой серии. Это оборудование для крупных информационных сетей промышленных объектов, где требуется выходное трехфазное напряжение. Модельный ряд представлен оборудованием на 10, 20 и 30 кВА. Максимальная мощность параллельной системы для этой серии может достигать $4 \times 30 \text{ кВА} = 120 \text{ кВА}$.

Серия SitePro имеет диапазоны мощностей от 40 до 500 кВА. В параллельной системе из ИБП серии SitePro может работать до 8 устройств. Максимальная мощность системы, таким образом, может достигать 4 МВА.

маломощных собратьев при одинаковой суммарной мощности. Это означает большую эффективность вложения средств именно в централизованное решение.

Для обеспечения высоких требований по надежности системы все чаще приобретается централизованный ИБП требуемой мощности. При помощи SNMP-карты обеспечивается высокий уровень управляемости и гарантия надежного сохранения дан-

ных при долговременном отключении. Например, в ночное время ИБП с помощью соответствующего программного обеспечения корректно «закроет» серверы с любой операционной системой и включит питание после появления сети с заданной поддержкой для заряда батарей на случай повторного отключения.

Принимая решение об установке централизованной системы электропитания, следует учитывать воз-

можную необходимость наращивания выходной мощности в будущем и требования по резервированию, если таковые ставятся изначально или вскоре могут возникнуть. Наиболее эффективным решением будет установка на первом же этапе ИБП той мощности, которая необходима на сегодняшний день, с возможностью параллельной работы. Будьте уверены, он решит все перечисленные выше задачи.

В предусмотренный дополнительный слот ИБП может быть установлена RPA-карта, позволяющая подключить один или несколько дополнительных ИБП для работы на общую нагрузку. При этом общая выходная мощность системы увеличивается пропорционально количеству параллельно включаемых ИБП. RPA-карта отвечает за синхронизацию каждого ИБП; ее имеет каждое устройство. В итоге все источники бесперебойного питания работают как единое и неделимое устройство.

Если проект предусматривает несколько этапов реализации и на первом из них параллельная система не развертывается, то начальные затраты все равно будут минимальными и сведутся к стоимости лишь одного ИБП. Все дополнительные устройства, существенно расширяющие возможности ИБП (RPA, SNMP-карты), можно приобрести по мере необходимости. За избыточность или возможность наращивания мощности нет необходимости платить сразу, а «одиночный» ИБП без всех дополнительных устройств по стоимости не отличается от обычного источника бесперебойного питания без этих возможностей.

Несколько в одном или несколько рядом?

Сегодня существуют модульные системы с возможностью резервирования и наращивания выходной мощности, представляющие собой единое устройство, состоящее из отдельных параллельных модулей по 3—4 кВА.

Параллельные системы, состоящие из нескольких отдельных ИБП, до недавнего времени имели только

IMV в Украине

Приобрести ИБП мощностью от 500VA, а также получить полный спектр услуг по проектированию, монтажу и обслуживанию систем бесперебойного питания IMV можно у компании «НТТ Энергия» (тел. (044) 458-01-11, www.energy.kiev.ua), имеющей статус «сертифицированного сервисного центра, мастера-дистрибьютора UPS IMV».

Партнеры в регионах, оказывающие полный спектр услуг: консультации, поставку, обслуживание полного спектра продуктов IMV — приведены ниже:

Киев	
«Сатурн» (Saturn Data International)	(044) 455-55-55
UCL (Ukraine Computer Laboratory)	(044) 467-56-22
«Украинская Компьютерная Лаборатория»	
ЗАО «Мега Текнолоджи Груп»	(044) 461-93-98
IKVA	(044) 455-63-33
Винница	
«Гайтер»	(0432) 35 01 03
Днепропетровск	
RIM 2000	(0572) 659-542; 656-582
Донецк	
КИАС Itd	(062) 3826335
INTSOL	(062) 3811084
Запорожье	
«ПромЭлектроника»	(0612) 13-48-03; 63-40-50; 63-18-49
Одесса	
«Компьютерленд»	(0482) 34-45-71

трехфазное подключение по входу и выходу. Мощности таких систем составляли от 40 кВА и выше. Появившиеся на рынке параллельные решения от компании IMV нарушили эту традицию. Модельный ряд ИБП серии LanPro позволяет теперь строить наращиваемые системы мощностью от 3 кВА и обеспечивать различные варианты подключения. Если предпочтение отдано максимальной надежности и установлена параллельная система с резервированием по схеме N+1, то при одинаковой выходной мощности моноблочный вариант будет несколько дороже по сравнению с параллельно установленными ИБП. Кроме того, в любой момент из параллельной системы можно изъять один ИБП, обеспечивающий резервирование по схеме N+1, и установить его в другом месте, в то время как моноблочный ИБП представляет собой неделимое целое. Системы параллельных ИБП более гибки в эксплуатации. Если вы не нуждаетесь в наращивании выходной мощности или резервировании нагрузки, то и не платите за нее. Если она вам не нужна в модульных системах, вы все равно платите за нее, такие системы дороги.

Модульным системам присущи определенные недостатки:

Параллельные системы в действии

Системы электропитания с параллельным включением ИБП используются для обеспечения ответственных потребителей высоконадежным бесперебойным питанием. Сегодня в Украине эксплуатируется более 20 параллельных систем на основе оборудования производства IMV мощностью от 12 до 360 кВА.

- централизованная логика управления, несмотря на уровень ее резервирования (N+1);
- централизованный байпас — далеко не все производители модульных систем учитывают децентрализованный байпас отдельных модулей системы (3–4 кВА);
- наличие цепи или модуля, выход из строя которого означает потерю общей работоспособности системы (это цепи и схема управления статического байпаса моноблочного устройства);
- ограниченный диапазон мощностей (16–20 кВА).

Таким образом, несмотря на возможность резервирования нагрузки по схеме N+1, N+2, N+3, модульные системы все же имеют общую точку, при выходе из строя которой система теряет работоспособность. Эта точка носит название Single Points of Failures.

Избыточная параллельная архитектура (RPA), предлагаемая компанией IMV, позволяет строить системы без этой критической точки — No Single Point of Failure.

В параллельной системе на основе LanPro децентрализованный статический байпас содержится в каждом устройстве. Поэтому в случае выхода из строя байпаса одного из ИБП, «выпадает» лишь часть мощности системы. Децентрализованная резервируемая управляющая логика и кольцевая схема синхронизации гарантируют в этом случае надежную работоспособность всей системы. Кроме того, семейство LanPro обеспечивает более широкий диапазон мощностей, чем модульные системы. Один только ряд LanPro 5-11 и LanPro 5-31T перекрывает по выходной мощности все существующие модульные системы.

Убедиться в том, что рассуждения, приведенные выше, верны, нам позволило тестирование параллельной системы небольшой мощности, а именно 12 кВА, построенной из двух источников бесперебойного питания IMV LanPro 6-11, 6 кВА каждый. При этом нагрузка была сознательно выбрана такой, что имело место резервирование по схеме N+1.

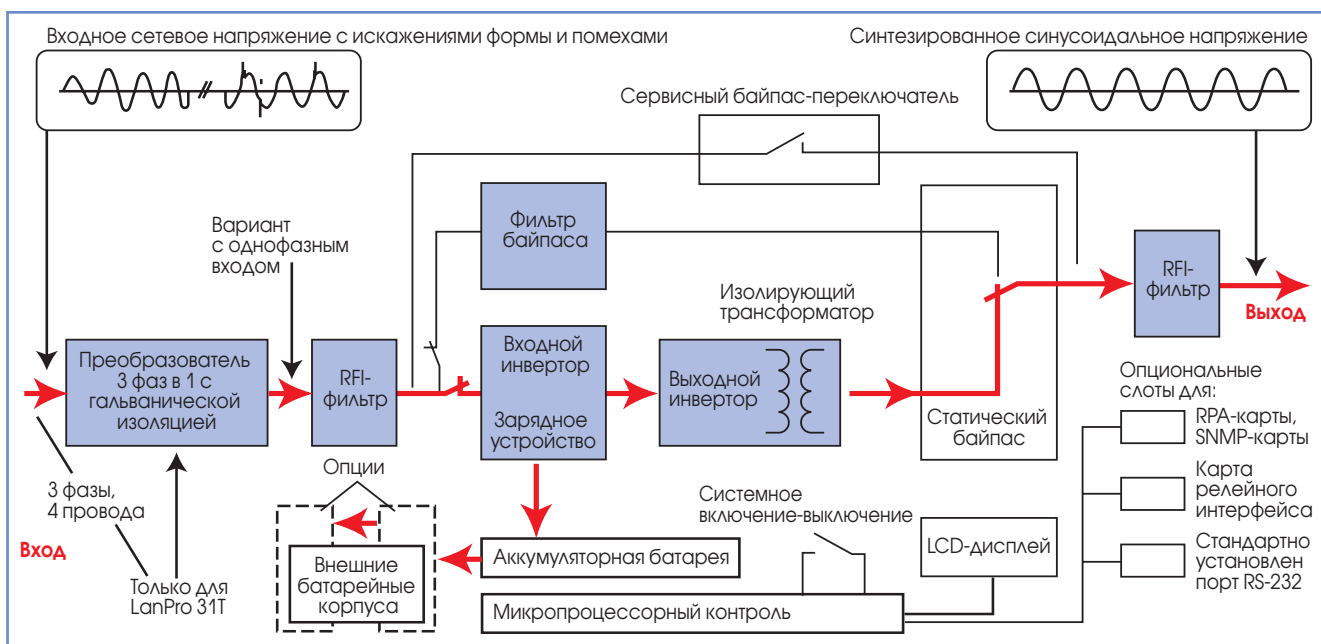


Рис. 2. Структурная схема ИБП LanPro-11/31T

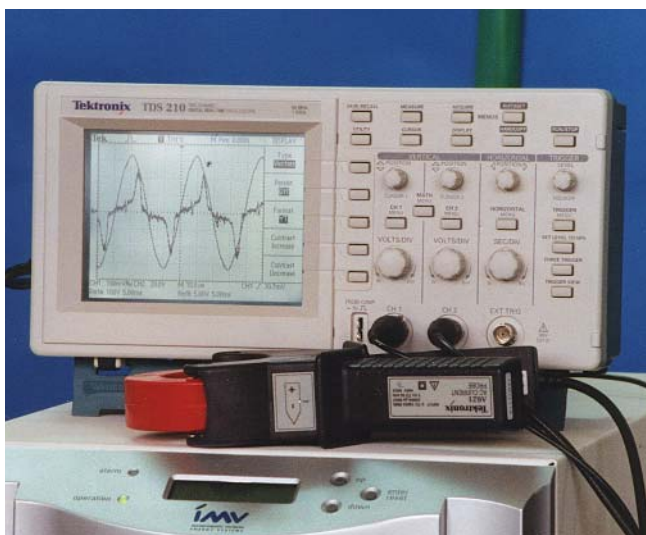


Рис. 3. Цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS210

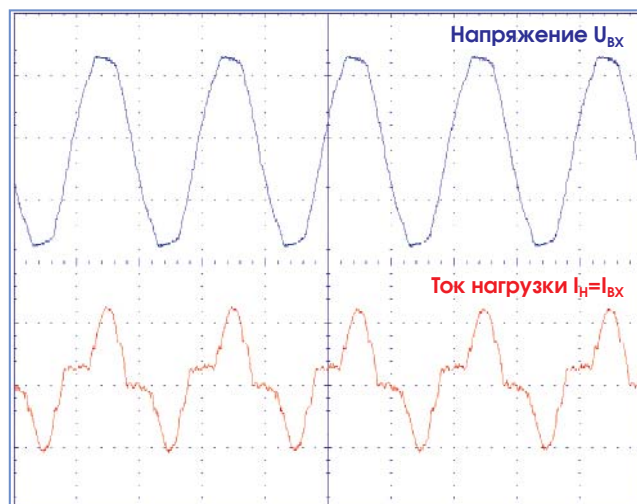


Рис. 4. Форма напряжения сети и тока нагрузки при непосредственном подключении нагрузки в сеть

Тестирование параллельной системы

В качестве объекта тестирования была выбрана параллельная система из двух ИБП IMV LanPro 6-11 мощностью 6 кВА каждый. Структурная схема ИБП LanPro-11/31T представлена на рис. 2.

Основная цель тестирования — исследование свойств параллельной системы. Поэтому эксперименты, которые касались общей проверки работы ИБП с двойным преобразованием, в этом тестировании не проводились (эти результаты см. в статье «NetPro — NetProblem», «СИБ», № 1, 2001, стр.47–49). Для построения параллельной системы каждый из ИБП был оснащен дополнительной RPA-картой, а также SNMP-картой в одном из ИБП (для управления системой). Выходы RPA-карт соединялись между собой специальным информационным кабелем.

Параллельная система испытывалась в офисном помещении, содержащем 7 рабочих станций с 15" мониторами. Для приближения условий тестирования к реальным был использован дополнительный эквивалент компьютерной нагрузки, что позволило довести загрузку системы до 21%. Максимальный уровень мощности нагрузки с сохранением резервирования N+1 в данном случае может достигать 6 кВА.

Всегда интересный момент в тестировании системы — ее включение. В инструкции по эксплуатации на рус-

ском языке четко описана определенная последовательность инсталляции и запуска системы, требуемое сечение и минимальная длина подводящих кабелей, а также многое другое.

В результате инсталляции каждый из ИБП в системе получает порядковый номер, начиная с нулевого, который отображается на ЖК-дисплее на передней панели устройства. Номера служат для распознавания устройствами друг друга при обмене информацией по HSB.

Имитируя некоторые возможные ситуации при эксплуатации подобной системы, мы получили интересные результаты.

Первая часть эксперимента — отключение входного автомата одного из ИБП. Предположим, это была ошибка персонала.

В результате такой манипуляции на передней панели LanPro появилось сообщение об этой ситуации — «Input Fuse Failure». Аналогичное сообщение было разослано также по локальной сети. Настройка программного пакета PowerJump, примененного в этом случае, позволяет рассылать такие сообщения определенной группе пользователей.

В результате отключения автомата система потеряла степень резервирования, но нагрузка при этом про-

должала работать от оставшегося ИБП. Такая ситуация возможна с ИБП, который имеет любой номер в системе — 0, 1, 2 и т. д. После восстановления соединения, то есть при включении автомата (устранения причины неисправности в условиях реальной эксплуатации), ИБП вновь синхронизируются и система восстанавливается в конфигурации N+1.

Во второй части эксперимента имитировался выход из строя входного предохранителя F2 (см. рис. 1). При этом ИБП, в цепи которого был разомкнут предохранитель F2, сформировал сообщение «Input Bad», вышел из системы, отключив свой выход, и перешел в режим ожидания. Такая реакция естественна для параллельной системы с конфигурацией N+1¹⁾.

После того, как был разомкнут предохранитель F2, мы решили обеспечить систему полностью! Что же при этом наблюдалось? Первый ИБП сразу же перешел на работу от батарей, а второй ИБП, обесточенный ранее размыканием предохранителя F2, включился с небольшой (в несколько секунд) задержкой на синхронизацию с первым ИБП. Таким образом, обесточивание системы восстановило конфигурацию N+1, но уже при работе ИБП от ба-

¹⁾ При отсутствии избыточной мощности в системе ИБП перейдет на работу от батареи до восстановления предохранителя F2.

²⁾ В этом эксперименте к выходу системы был подключен дополнительный эквивалент компьютерной нагрузки.

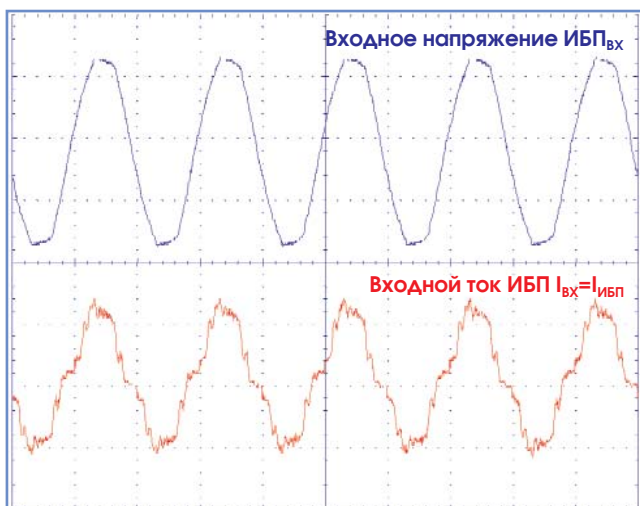


Рис. 5. Форма входного напряжения и тока параллельной системы



Рис. 6. Форма напряжения и тока на выходе параллельной системы

тарей. После восстановления «поврежденного» предохранителя F2 и появления сети система вернулась в нормальный режим работы.

При всех манипуляциях важная информация отображалась на рабочей станции администратора сети в виде сообщений, благодаря использованию пакета PowerJump с возможностью удаленного управления.

В третьей части тестирования были получены осциллограммы входных и выходных токов, а также напряжений. Для этого был применен цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS210 (рис. 3) с модулем расширения TDS200 и программное обеспечение Tektronix WaveStar.

Одной из основных задач ИБП, помимо обеспечения качественного и бесперебойного питания нагрузки, является корректировка коэффициента входной мощности, а, соответственно, и формы входного тока при импульсном характере потребления нагрузки.

На первом этапе испытаний нагрузка была подключена непосредственно к сети питания. Форма напряжения сети и тока нагрузки представлены на рис. 4.

На осциллограмме видно, что форма напряжения искажена; в данном случае причиной является значительная доля компьютерной нагрузки в здании, где проводилось тестирование.

Далее нагрузка была подключена к выходу параллельной системы²⁾. Ос-

циллограммы входного напряжения и тока в ИБП приведены на рис. 5.

Осциллограмма выходного напряжения тестируемой системы и ток в нагрузке показаны на рис. 6.

На рис. 5 видно, что форма входного тока системы намного ближе к синусоидальной, чем ток в нагрузке. Это свидетельствует о корректировке системой входного коэффициента мощности. Форма напряжения на выходе также корректируется, что характерно для ИБП с двойным преобразованием.

Измерения показывают, что коэффициенты гармоник на входе системы по току — THD(I) — в 2,4 раза ниже, чем на ее выходе. В то же время коэффициент искажений напряжения на выходе — THD(U) — в 2,2 раза ниже, чем на входе. Иными словами, LanPro корректирует коэффициент входной мощности, обеспечивает качественное напряжение в нагрузке и отсутствие влияния нагрузки с импульсным потреблением на внешнюю сеть.

Следует отметить, что в ИБП серии LanPro реализован «мягкий» старт для внешней сети и нагрузки. Первое обстоятельство снижает требования к сечению подводящих кабелей системы и номиналам входных автоматов распределительных щитов. Этим создаются также благоприятные условия для согласования системы с автономными генераторными установками. «Мягкий» старт для нагрузки исключает экстратоки

в нагрузке, что может существенно продлить ресурс компьютерных блоков питания.

Управление системой по SNMP или через Web-интерфейс никаких сложностей не вызывает, поскольку при мониторинге с помощью программных пакетов PowerFlag или PowerJUMP, поставляемых в комплекте, система отображается как Paralell_system (единое параллельное устройство). При помощи этого ПО можно осуществлять удаленный мониторинг и управление системой. PowerJUMP интересен тем, что русифицирован и имеет возможность отдельно конфигурировать реакцию системы на 25 событий. Появлению и завершению каждого из событий может соответствовать определенный скрипт-файл (можно задать до 50 конфигураций скриптов), который оповестит нужные службы и персонал по SMS или e-mail, а также выполнит необходимые действия по управлению системой.

© Торговые марки LanPro, SitePro, RPA, PowerJump, PowerFlag являются собственностью компании GE Digital Energy IMV.

Испытания проведены при участии тестовой лаборатории журнала «Сети и бизнес».

Сергей ТВЕД,

менеджер по работе с партнерами
компании «НТТ Энергия»,
stv@energy.kiev.ua,
тел.: (044) 458-01-11