

## Сравнение трансформаторных и бестрансформаторных ИБП

Евгений Орехов

В последнее время наблюдается растущий интерес к использованию бестрансформаторных ИБП. Однако многие заказчики не имеют чёткого представления о том, какая именно архитектура ИБП (трансформаторная или бестрансформаторная) больше подходит для решения тех или иных задач. Эта статья описывает преимущества и недостатки каждой из технологий и возможные сферы их применения. Рассматриваются факторы, которые следует учитывать при выборе между данными архитектурами.

Трансформаторные источники бесперебойного питания (ИБП), как правило, обеспечивают более высокие показатели безотказной работы. Однако новейшие бестрансформаторные ИБП имеют более высокие показатели эффективности, занимают меньшую площадь, обеспечивая при этом достаточно высокий уровень надёжности. Повышение спроса на бестрансформаторные ИБП связано с активным развитием ЦОД. Большинство производителей ИБП в одинаковой мере уделяют внимание обеим технологиям.

Обе архитектуры используют схему двойного преобразования рода тока (рис. 1) для обеспечения защиты питания критически важных приложений. Входной выпрямитель используется для преобразования переменного тока в постоянный. Постоянный ток поступает на вход инвертора и используется для зарядки аккумуляторных батарей. Выходной инвертер осуществляет преобразование по-

стоянного тока в переменный. В случае пропадания входного электропитания инвертер переходит на питание от аккумуляторных батарей. Основное отличие между двумя технологиями в наличии или отсутствии выходного трансформатора.

Трансформаторные ИБП имеют изолирующий трансформатор после инвертора, обеспечивающий гальваническую развязку нагрузки. Бестрансформаторные ИБП используют электронные схемы управления инвертором, что устраняет необходимость в применении изолирующего трансформатора как неотъемлемой части выходного каскада ИБП. Это показано на рис. 2 и 3. Кроме того, обе технологии позволяют опционально установить входной трансформатор перед выпрямителем.

Инженер, проектирующий систему бесперебойного питания, должен тщательно проанализировать затраты и выгоды от использования трансформаторной и бестрансформаторной технологии [1, 2].

### ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

На рис. 2 показана упрощённая блок-схема трансформаторного ИБП.

Рассмотрим основные элементы блок-схемы.

1. Пассивный фильтр, состоящий из катушек индуктивности и конденсатора, ставится перед выпрямителем. Необходим для уменьшения искажений входного тока и повышения входного коэффициента мощности.
2. Шестипульсовый (трёхфазный) входной выпрямитель. Возможна установка дополнительного трансформатора для гальванической изоляции шины постоянного тока.
3. Система аккумуляторных батарей подключается непосредственно к шине постоянного тока (через защитные предохранители) между выпрямителем и инвертором.
4. Широтно-импульсный модулятор на основе инвертора строится на IGBT-транзисторах (биполярный транзистор с изолированным затвором).
5. Изолирующий трансформатор, обеспечивающий необходимый уровень напряжения. Вторичная обмотка трансформатора содержит нейтральный вывод, таким образом, нейтраль входной сети становится полностью гальванически изолированной от нейтрали на выходе ИБП.

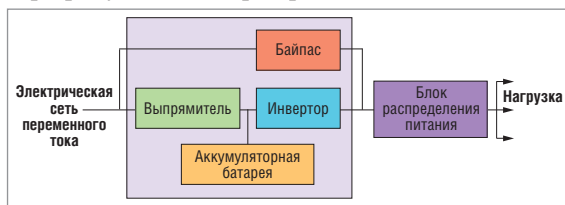


Рис. 1. Блок-схема ИБП с двойным преобразованием

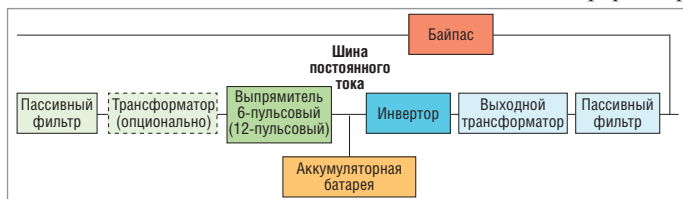


Рис. 2. Блок-схема трансформаторного ИБП

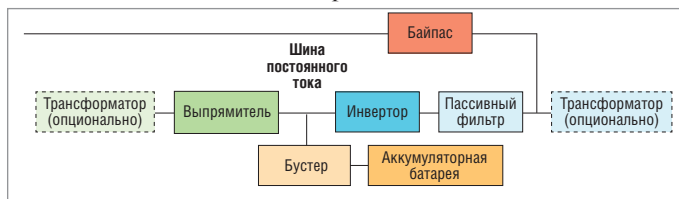


Рис. 3. Блок-схема бестрансформаторного ИБП

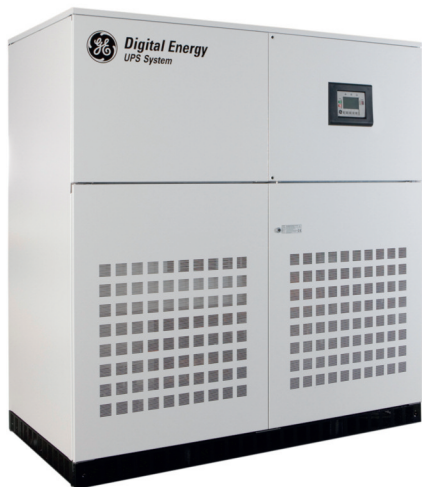


Рис. 4. Трансформаторный ИБП серии SG GE DE

- 6. Пассивный фильтр, снижающий искажения напряжения питания переменного тока.
- 7. Автоматический переключатель байпаса (статический переключатель) обеспечивает мгновенное переключение на обходную цепь.

### БЕСТРАНСФОРМАТОРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В бестрансформаторных ИБП функции выходного трансформатора выполняют электронные схемы. На рис. 3 показана упрощённая блок-схема бестрансформаторной технологии. Здесь есть ряд ключевых отличий от схемы на рис. 2.

Из схемы во входной цепи убираются пассивные компоненты (трансформаторы, индуктивности, конденсаторы). На входе используется ШИМ-выпрямитель. Преимущества такого выпрямителя заключаются в меньших габаритных размерах, низком коэффициенте гармоник тока и единичном входном коэффициенте мощности.

Как правило, аккумуляторные батареи подключаются в цепь постоянного тока через повышающие преобразователи – бустеры. Это необходимо ввиду того, что инвертор бестрансформаторных ИБП должен обеспечивать более высокое выходное напряжение. Поскольку нейтральный проводник является сквозным, то есть проходит с входа на выход, фактически цепь постоянного тока имеет два плеча – положительное и отрицательное. В каждом плече установлен комплект аккумуляторных батарей.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ОТЛИЧИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ И БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫХ ИБП

К конструкции ИБП обычно предъявляются следующие требования:

Количество основных блоков ИБП при трансформаторной и бестрансформаторной технологии

Таблица 1

Название блока	Количество элементов	
	Трансформаторная технология	Бестрансформаторная технология
Выпрямитель	1	1
Зарядное устройство	–	2
АКБ	30–32	40
Бустер	–	2
Инвертор	1	1
Байпас	1	1

- 1) высокая надёжность;
- 2) малые объём и масса;
- 3) высокий КПД;
- 4) удобство обслуживания;
- 5) низкий уровень шума;
- 6) электромагнитная совместимость.

При выборе трансформаторной или бестрансформаторной технологии необходимо чётко понимать, какие преимущества и недостатки даёт их применение. Рассмотрим технические особенности трансформаторных и бестрансформаторных ИБП более подробно.

### Расположение и доступность

Бестрансформаторные ИБП имеют более гибкие возможности при размещении. Это особенно важно, когда ещё не определены будущие потребности заказчика. Бестрансформаторный ИБП обычно меньше по размерам и легче, чем трансформаторный ИБП той же мощности. Во многих случаях это позволяет расположить ИБП ближе к нагрузке. Меньшее давление бестрансформаторного ИБП на пол даёт возможность применения фальшпола.

Однако площадь, занимаемую ИБП, необходимо оценивать с учётом зоны обслуживания. Трансформаторный ИБП с фронтальным доступом (например, ИБП GE DE серии SG, рис. 4) может требовать меньше места, чем ИБП без трансформатора, к которому необходим доступ со всех сторон.

Применение бестрансформаторного ИБП совсем не означает, что невозможна установка трансформаторов в системе бесперебойного питания. Разработчик имеет возможность разместить трансформатор именно там, где это необходимо.

### Надёжность

Трансформаторные ИБП по определению имеют более высокие показатели надёжности, благодаря тому что в их конструкции гораздо меньше точек отказа. Бестрансформаторный ИБП обычно имеет большее количество элементов, следовательно, менее высокую надёжность. В таблице 1 приведено количество основных блоков ИБП при

трансформаторной и бестрансформаторной технологии.

### Входной коэффициент нелинейных искажений и коэффициент мощности

Тиристорный выпрямитель трансформаторного ИБП вырабатывает высшие гармоники тока. Уровень нелинейных искажений составляет около 28%. Эта величина может снижаться при установке пассивного фильтра (например, для ИБП GE DE серии SG): фильтр 5-й гармоники имеет коэффициент нелинейных искажений (КНИ) тока <8%.

Значение КНИ тока бестрансформаторного ИБП меньше 28%. Это достигается применением бустера, который обеспечивает совпадение формы кривой тока и напряжения. В зависимости от модели КНИ тока может быть менее 8–10% (ИБП GE DE серии LP33, рис. 5).

По сравнению с трансформаторным ИБП входной коэффициент мощности (КМ) бестрансформаторного ИБП выше. На входе трансформаторного ИБП стоит тиристорный выпрямитель. Его коэффициент мощности около 0,8. С помощью пассивных фильтров это значение может быть увеличено до 0,98. Бестрансформаторные ИБП имеют схемы коррекции входного коэффициента мощности. За счёт этого входной коэффициент мощности бестрансформаторного ИБП выше, чем у трансформаторного ИБП, при любой степени его загрузки (25, 50 или 100%).

### Подсистема АКБ

В трансформаторных ИБП, как правило, число 12-вольтовых блоков батарей не превышает 30 (максимально 32). В бестрансформаторных ИБП число этих блоков равно 40, поскольку установлены последовательно две линейки батарей. Данное конструктивное ограничение вызвано тем фактом, что на вход инвертора бестрансформаторного ИБП должно подаваться напряжение номиналом 480 В. Таким образом, комплект аккумуляторных батарей для трансформаторного ИБП обойдётся дешевле. Также



Рис. 5. Бестрансформаторный ИБП серии LP GE DE

необходимо учитывать, что чем меньше последовательно соединённых элементов в подсистеме АКБ, тем выше её надёжность.

В трансформаторных ИБП зарядное устройство совмещено с выпрямителем и обеспечивает большой зарядный ток. В случае применения батарей повышенной ёмкости необходимо, чтобы величина зарядного тока составляла 10–20% от ёмкости АКБ, выраженной в А·ч. Например, для АКБ ёмкостью 100 А·ч следует обеспечить значение зарядного тока в диапазоне от 10 до 20 А. Соблюдение данного правила позволяет продлить срок службы аккумуляторных батарей, а также обеспечить быстрое восстановление времени автономной работы ИБП. В бестрансформаторных ИБП зарядные устройства (2 шт.) являются отдельными блоками и имеют ограничение по току. Для батарей повышенной ёмкости могут потребоваться дополнительные заряд-

ные устройства (ЗУ) или ИБП большей мощности.

Трансформаторные ИБП, по сравнению с бестрансформаторными, имеют более высокое значение зарядного тока. Следовательно, к трансформаторному ИБП можно подключить большее количество батарей и тем самым обеспечить увеличение времени автономной работы системы бесперебойного питания.

### КПД системы

Применение трансформатора в ИБП понижает общий КПД устройства, однако в современных ИБП он (с учётом применения современных алгоритмов управления инвертором, как, например, пространственно-векторной модуляции в ИБП GE DE серий SitePro и SG) может достигать 92–93%.

КПД бестрансформаторного ИБП, как правило, немного выше, чем у трансформаторного ИБП. Типичное значение составляет 93–93,5%. КПД можно повысить (также и для трансформаторных ИБП) за счёт использования так называемого эко-режима, при котором нагрузка подключается в обход схемы двойного преобразования.

### Постоянная составляющая на выходе

Постоянная составляющая на выходе ИБП может повредить нагрузку. Одно из главных преимуществ применения трансформаторных ИБП в том, что исключается возможность появления постоянной составляющей на выходе устройства. В бестрансформаторных ИБП при возникновении короткого замыкания в элементе IGBT-инвертора на выходе появляется постоянная составляющая. При этом ИБП должен переключиться на статический байпас.

### Плавный старт и тест батарей

Трансформаторный ИБП оборудован управляемым тиристорным выпрямителем. Включение ИБП не вызовет перегрузки генератора или сети. Выпрямитель бестрансформаторного ИБП не может регулироваться.

Применение тиристорного выпрямителя даёт возможность тестирования состояния аккумуляторных батарей без риска отключения нагрузки. Поскольку тиристорный выпрямитель управляемый, можно искусственно создать напряжение постоянного тока на его выходе ниже напряжения АКБ. Если при тесте батареи дают отказ, инвертор питается от выпрямителя, что безопасно для нагрузки. Именно так проводится тест состояния АКБ. В бестрансформаторном ИБП батареи тестируются отключением выпрямителя и переходом инвертора на питание от батарей. При отказе батарей существует риск, что выпрямитель не включится достаточно быстро. При этом ИБП должен перейти на байпас.

### Нейтраль

В трансформаторном ИБП выходная нейтраль формируется трансформатором инвертора. Для работы выпрямителя нейтраль не требуется. При работе на байпасе и несбалансированных нагрузках весь ток течёт через нейтраль байпаса. Для бестрансформаторного ИБП нейтраль сквозная. Выпрямитель требует подключения нейтрали ко входу. При работе на байпасе ток нейтрали течёт как через цепь байпаса, так и через ИБП. Это может привести к срабатыванию устройств дифференциальной защиты на байпасном входе ИБП.

Резюмируя рассмотрение технических особенностей трансформаторной и бестрансформаторной технологий, можно составить сводную таблицу, характеризующую сильные и слабые стороны обоих типов конструкции ИБП. В таблице 2 сравниваются основные параметры, на которые стоит обратить внимание, рассматривая трансформаторные и бестрансформаторные ИБП. Значение «+++» показывает, что данная технология оптимальна для конкретного фактора. При выборе типа ИБП ни одна из представленных характеристик не должна рассматриваться в качестве единственного критерия. Требования заказчика определяют, какие факторы должны иметь больший вес при выборе модели ИБП. Поэтому значения, отмеченные «+», также яв-

Сравнение двух типов конструкции ИБП

Таблица 2

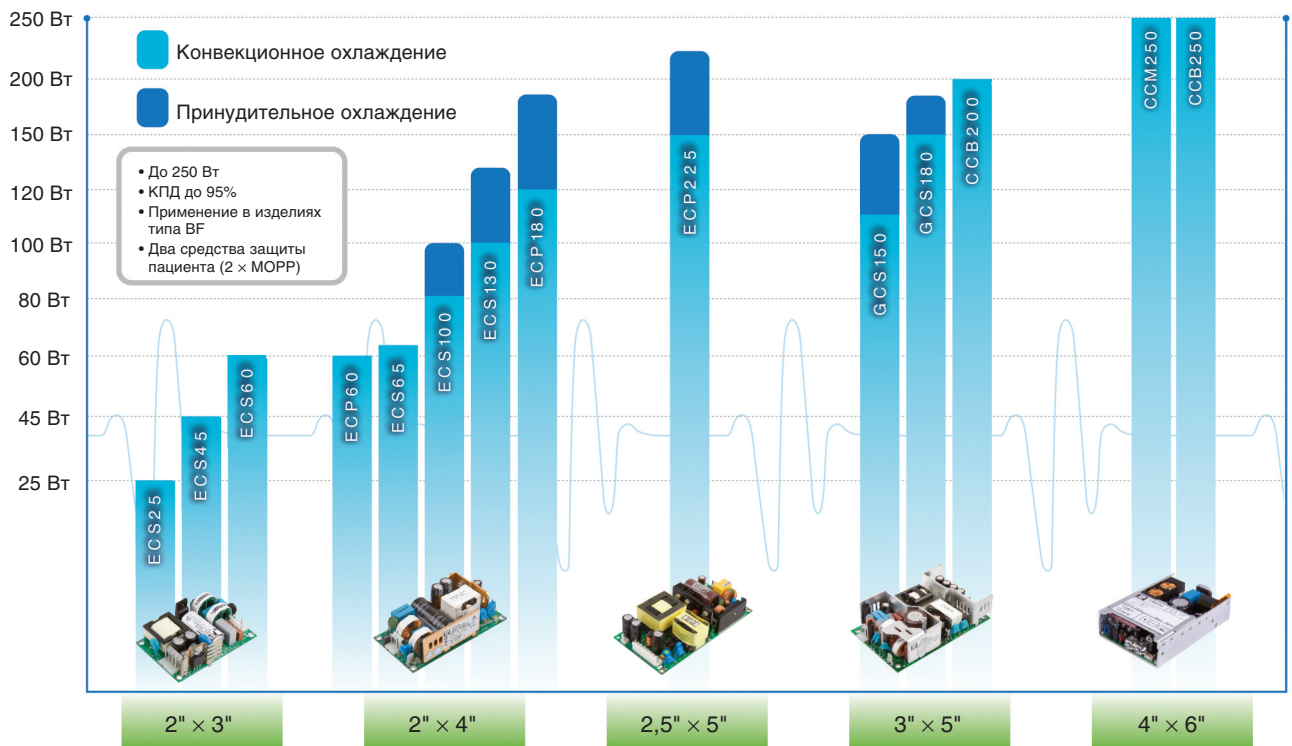
Факторы	Трансформаторный ИБП	Бестрансформаторный ИБП
Размеры и вес	+	+++
Удобство размещения	+	+++
Надёжность единичного ИБП	+++	+
Входной КНИ тока	+	+++
Входной коэффициент мощности	++	+++
Надёжность АКБ	+++	+++
Ток заряда АКБ	+++	++
Тест батарей	+++	++
КПД системы	++	+++
КПД системы в эко-режиме	++	+++
Встраиваемость/масштабируемость/ модульность	++	+++
Отсутствие постоянной составляющей на выходе	+++	+
Плавный старт	+++	+
Выпрямитель с нейтралью	+++	+



# Высокоэффективные источники питания с конвекционным охлаждением для медицинских приборов



XP Power предоставляет обширный ряд источников питания AC/DC с конвекционным отводом тепла, сертифицированных для применений в медицинских приборах и аппаратах.



- До 250 Вт
- КПД до 95%
- Применение в изделиях типа BF
- Два средства защиты пациента (2 x MOPP)



Посетите наш сайт для получения более подробной информации или запросите копию нового Руководства по выбору источников питания (Power Supply Guide) и рассмотрите полный ряд продукции.



Selector App Available



**XP Power**  
www.xppower.com

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

**PROSOFT®**

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru





ляются приемлемыми, если они не играют первостепенную роль при выборе технологии ИБП.

**ОБЗОР РЫНКА  
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ  
И БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫХ  
ИБП**

**General Electric Digital Energy**

Модельный ряд трансформаторных и бестрансформаторных ИБП производства General Electric Digital Energy (GE DE) включает устройства серии LP. Четыре устройства мощностью от 5 до 10 кВ·А выполнены по трансформаторной схеме. Диапазон мощностей бестрансформаторных ИБП серии LP начинается с 3 кВ·А и доходит до 120 кВ·А. Бестрансформаторные ИБП LP мощностью 10, 20, 30 кВ·А выпускаются компанией с 1998 г. За это время они были не раз модифицированы, но всё ещё пользуются стабильным спросом. Изучив потребности рынка, эксперты GE DE приняли решение расширить диапазон мощностей до 120 кВ·А и выпустили ещё пять моделей LP: на 40, 60, 80, 100 и 120 кВ·А. В диапазоне от 10 до 120 кВ·А также представлены трансформаторные модели ИБП: серии SitePro и SG. Среди

новинок — устройства серии SG в диапазоне мощностей от 10 до 60 кВ·А.

**APC и Schneider Electric**

APC и MGE by Schneider Electric также предлагают системы двух типов. В номенклатуре изделий APC модульные и моноблочные, трансформаторные и бестрансформаторные системы (рис. 6), в то время как MGE использует трансформаторы в больших системах и бестрансформаторные модули в более низких (не более 150 кВ·А) диапазонах мощностей.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Несмотря на наблюдаемую тенденцию к переходу на бестрансформаторные ИБП, при выборе источника необходимо взвесить все достоинства и недостатки трансформаторной и бестрансформаторной технологии. В общем случае бестрансформаторные ИБП чаще всего используются для питания серверной нагрузки, то есть нагрузки без пусковых токов. Для динамичной нагрузки лучшим выбором будет трансформаторный ИБП. Правильный выбор технологии возможен только после анализа всех электрических характеристик сети и питаемой нагрузки. ●



Рис. 6. Бестрансформаторный ИБП APC и MGE by Schneider Electric

**ЛИТЕРАТУРА**

1. IEC 62040-3 (1999-03). Uninterruptible power systems (UPS). Part 3. Method of specifying the performance and test requirements.
2. Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В. Топологии источников бесперебойного питания переменного тока (ИБП) // Электронные компоненты. — 2003. — № 7.

Автор — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (495) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru

**TDK-Lambda ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ  
МОЩЬ И ИНТЕЛЛЕКТ**



Серия ZUP

**Применения ZUP и Genesys™**

- Автоматическое испытательное оборудование
- Управление технологическими процессами
- Электротермотренировка полупроводниковых изделий
- Лазеры



Серия Genesys™

**Серия ZUP (Zero-Up), Z+ (Z plus)**

- Выходная мощность 200/400/800 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485
- Универсальный вход 85–265 В переменного тока
- Выходные напряжения до 120 В, ток нагрузки до 132 А
- Программная калибровка
- Опциональные интерфейсы, LAN, GPIB и аналоговые сигналы с гальванической развязкой (для Z+)
- 16-разрядное разрешение и быстрый отклик на программируемые установки (для Z+)

**Серия Genesys™**

- Выходная мощность 750/1500/2400/3300/5000/10 000/15 000 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB IEEE488/488.2 SCPI, LAN по заказу)
- Выходные напряжения до 600 В, ток нагрузки до 1000 А
- Конфигурирование посредством внешнего напряжения/тока и ПО
- Драйверы LabView и LabWindows
- Высота 1U, 2U и 3U

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



РЕКЛАМА

# Новый облик промышленных средств ЧМИ



## Панельные компьютеры «тонкий клиент» с программируемыми функциональными клавишами и поддержкой технологии multitouch

- Широкий экран формата 16:9 позволяет передавать больше информации за счет увеличенной на 40% области просмотра, что облегчает процесс управления
- Встроенные интеллектуальные функциональные клавиши и кнопка возврата в главное меню упрощают работу оператора и сокращают время реагирования
- Многоцветные светодиодные индикаторы позволяют оператору быстро получить информацию о рабочем статусе панельного компьютера

## ADVANTECH

*Enabling an Intelligent Planet*

**Advantech Co., Ltd.**

Представительство в России  
Тел.: +7 (495) 644-0364,  
8 (800) 555-0150  
(бесплатно по России)  
info@advantech.ru  
www.advantech.ru



### TPC-1840WP/2140WP

Панельный компьютер на базе двухъядерного процессора AMD с 18,5" (WXGA)/21,5" (Full HD) TFT ЖК-дисплеем и сенсорным экраном с поддержкой multitouch



### SPC-1840WP/2140WP

Стационарный панельный компьютер на базе двухъядерного процессора AMD с 18,5" (WXGA)/21,5" (Full HD) TFT ЖК-дисплеем и сенсорным экраном с поддержкой multitouch



### FPM-7181W/7211W

Промышленный монитор с диагональю 18,5"/21,5", с проекционно-ёмкостным сенсорным экраном и портами Direct-VGA и DVI



## PROSOFT®

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTECH

**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**АЛМА-АТА** Тел.: (727) 329-5121; 320-1959 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com  
**ВОЛГОГРАД** Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
**КАЗАНЬ** Тел.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4315 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**КИЕВ** Тел.: +38 (044) 206-2343; 206-2478 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft-ua.com  
**КРАСНОДАР** Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**Н. НОВГОРОД** Тел.: (831) 215-4084 • Факс: (831) 215-4084 • n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**ОМСК** Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**УФА** Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
**ЧЕЛЯБИНСК** Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru