

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ, часть 1

**В** статье дана краткая информация о технологии беспроводной зарядки аккумуляторов. Кроме того, приведены сведения о касающихся этой технологии стандартах, сферах применения и компаниях-производителях оборудования, в которых она используется.

*В. Охрименко*

### WIRELESS CHARGING, part 1

**Abstract –** *The article presents a summary of wireless charging. Also provides information about this technology, standards, applications and companies-manufacturers of the equipment in which it is used.*

*V. Okhrimenko*

### ВВЕДЕНИЕ

В статье с таким названием нельзя обойти вниманием легендарного ученого Никола Тесла. Без преувеличения можно сказать, что воплощению идеи передачи электрических сигналов и электроэнергии без использования проводов была посвящена вся его экспериментаторская деятельность. На рис. 1 приведена фотография башни, воздвигнутой в Нью-Йорке для реализации одного из его проектов (Wardenclyffe) по передаче электрических сигналов в Европу. Башня имела высоту 57 м, под ней располагалась стальная шахта глубиной 36 м. Башню венчал металлический купол диаметром 20 м и массой 55 тонн.

Оборудование беспроводной зарядки аккумуляторов



*Рис. 1. Башня Wardenclyffe*

муляторов относится к широкому классу устройств известных под общим названием энергособиратели (Energy Harvesters). Это сравнительно новое направление в электронике, в первую очередь злободневное для систем, при эксплуатации которых замена батарей осложнена или просто невозможна и, вместе с тем, требуется обеспечить их непрерывную ра-

боту в труднодоступном для потребителя или обслуживающего персонала месте.

Энергособиратели предназначены для преобразования энергии разных источников, представленной в различных формах (механической, тепловой, оптической, электромагнитной и пр.), в электрическую энергию. Сбор энергии, ее накопление и использование для питания электронных систем позволяет обеспечить продолжительность их работы, значительно превышающую срок службы одноразовых элементов питания. Не исключается также возможность комбинированного использования различных источников энергии (тепловой и механической, а также других видов).

В энергособирателях для сбора энергии используются разные технологии преобразования. Например, для использования энергии вибрации применяются пьезоэлектрические преобразователи, для аккумуляции солнечной энергии – фотоэлектрические, тепловой – термоэлектрические. Таким образом, энергособиратели – это устройства, обеспечивающие преобразование различных видов энергии в напряжение или ток для питания приборов и устройств, а также для зарядки аккумуляторов. В последние годы на потребительском рынке быстрыми темпами развивается технология беспроводной зарядки аккумуляторов, в которой используются разные способы беспроводной (бесконтактной) передачи электроэнергии с применением искусственных электромагнитных источников.

### СПОСОБЫ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ

Термин "беспроводная передача электроэнергии" – всеобъемлющ и касается множества разнообразных сфер применения, в том

числе и беспроводной зарядки аккумуляторов [1-6]. В статье рассматриваются лишь коммерчески выгодные для массового применения решения (а не фантастические "гиперboloиды" и установки, генерирующие энергию, сравнимую с той, которая могла бы вызвать последствия, сопоставимые с падением тунгусского метеорита). В последние годы производители и потребители обратили пристальное внимание на использование беспроводной передачи электроэнергии в приложениях, ориентированных на массового потребителя, в первую очередь, на технологию беспроводной зарядки аккумуляторов.

Возможные варианты технологии беспроводной передачи электроэнергии, используемые для зарядки аккумуляторов, приведены на рис. 2.

Представляется заманчивым использовать для зарядки "свободную энергию из воздуха", принимая во внимание кажущуюся "вездесущность" электромагнитных волн, излучаемых множеством существующих радиочастотных передатчиков (телебашнями, антеннами сотовой связи и точек Wi-Fi-доступа и пр.). Однако этой свободной энергии явно недостаточно, а устройства сбора, учитывая множество реалий, вряд ли будут коммерчески привлекательными.

Тем не менее, компания Powercast Corporation (США), одна из немногих выпускает электронные компоненты для реализации беспроводной передачи энергии с использованием электромагнитного излучения в частотном диапазоне 850...950 МГц. Это передатчик

TX91501 и приемники P1110/P2110. Основные сферы их применения: беспроводная зарядка, строительная автоматизация, медицина, промышленный мониторинг, маломощная электроника, интеллектуальные сети и беспроводные датчики.

Передатчик TX91501 имеет размеры 171.45×158.75×41.4 мм (масса 450 г). Источник питания 5 В/1 А. Излучение осуществляется на центральной частоте 915 МГц с применением технологии расширения спектра методом DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Выходная мощность 1 или 3 Вт. На рис. 3 приведена область покрытия передатчика TX91501 (3 Вт). Для обмена данными с приемником используется амплитудная манипуляция вида ASK (Amplitude Shift Keying). Передатчик TX91501 предназначен для работы в

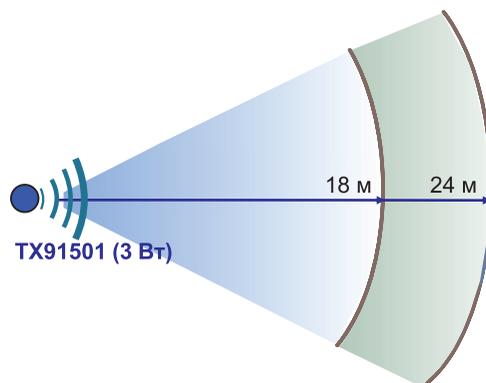


Рис. 3. Область покрытия передатчика TX91501 мощностью 3 Вт

диапазоне температур -20...50 °С.

ИМС приемников P1110/P2110 предназначены для преобразования энергии радиоча-

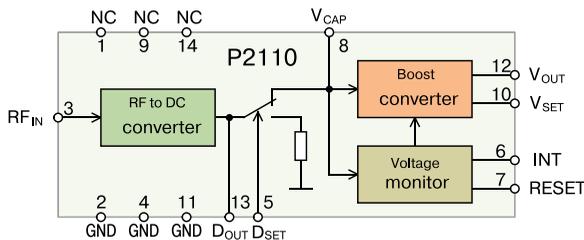


Рис. 2. Технологии беспроводной передачи электроэнергии, используемые для построения устройств зарядки аккумуляторов

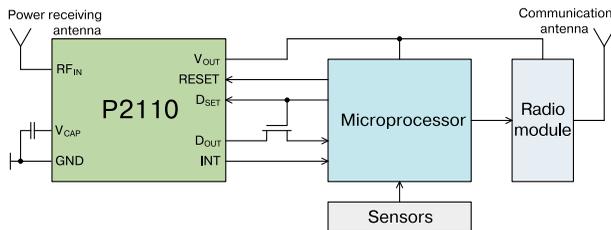
стотного излучения в диапазоне 902...928 МГц в напряжение. Для работы приемников необходима антенна с волновым сопротивлением 50 Ом. Основные параметры ИМС P1110/P2110 приведены в табл. 1, структурная схема P2110 – на рис. 4, схема подключения – на рис. 5, график зависимости КПД от уровня входной мощности – на рис. 6. Цена

**Таблица 1. Основные параметры ИМС P1110/P2110**

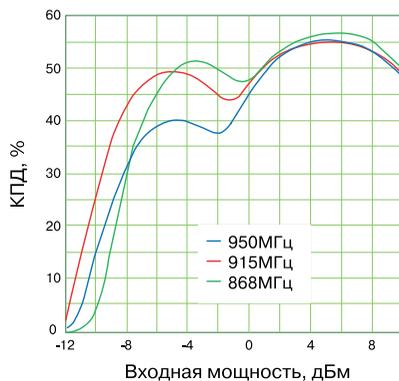
Параметр	P1110		P2110	
	мин.	макс.	мин.	макс.
Входная мощность, дБм	0	20	-10	10
Частота, МГц	902	928	902	928
Выходное напряжение, В	0	4.2	1.8	5.25
Выходной ток, мА	—	50	—	50
Диапазон рабочих температур,	-40...85			
Габаритные размеры, мм	14 × 11		14 × 13.5	



**Рис. 4. Структурная схема ИМС P2110**



**Рис. 5. Схема подключения ИМС P2110**



**Рис. 6. График зависимости КПД ИМС P2110 от уровня входной мощности**

ИМС P2110 – €28.76 (Mouser Electronics).

Однако в настоящее время наибольшее распространение получили устройства беспровод-

ной зарядки, в которых для передачи энергии используется индуктивная связь. Вначале на рынке появились устройства, в основу создания которых положен метод магнитной индукции (Magnetic Induction – MI), а в последнее время ряд компаний готовится приступить к производству устройств, в которых используется магнитно-резонансный метод (Magnetic Resonant – MR). Далее в статье рассматриваются устройства, реализованные на базе этих двух методов.

## СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ

Для успешного внедрения новой технологии в электронные изделия массового спроса, новые устройства, завоевывающие рынок для замены уже существующих, должны обеспечивать пользователю более привлекательные потребительские качества. Перечень потребительских качеств, а также методы их достижения в новых электронных устройствах благодаря использованию технологии беспроводной передачи электроэнергии приведены ниже.

Устройства должны быть более удобными в пользовании, по крайней мере, хотя бы за счет отказа от паутины проводов питания или устранения необходимости замены батарей.

Устройства должны быть более надежными, что обеспечивается исключением отказов электронных систем, вызванных использованием разъемных соединителей и проводов питания.

Устройства должны быть экологически чистыми благодаря отказу от применения одно-разовых батарей. Использование сетевой беспроводной структуры для передачи энергии намного дешевле и, кроме того, не приведет к загрязнению окружающей среды, как это происходит при производстве и использовании батарей, основанных на традиционных химических источниках электроэнергии.

Должна быть повышена безопасность пользования устройствами, что достигается исключением проводов и разъемов, которые могут стать источниками искрообразования. Кроме того, отсутствие разъемов позволяет реализовать устройства в водонепроницаемом и взрывозащищенном исполнении.

Устройства должны быть недорогими. Предполагается возможность зарядки не-

скольких приборов от одного устройства.

Кроме того, устройства, поддерживающие беспроводную передачу электроэнергии, должны обеспечивать работу в диапазоне мощности от менее 1 Вт (беспроводные датчики и маломощные электронные устройства) до более 3 кВт (промышленные системы и электрические транспортные средства) как в режиме непосредственного использования (например, в светодиодных светильниках), так и для накопления энергии в аккумуляторах интеллектуальных гаджетов, транспортных средств и пр.

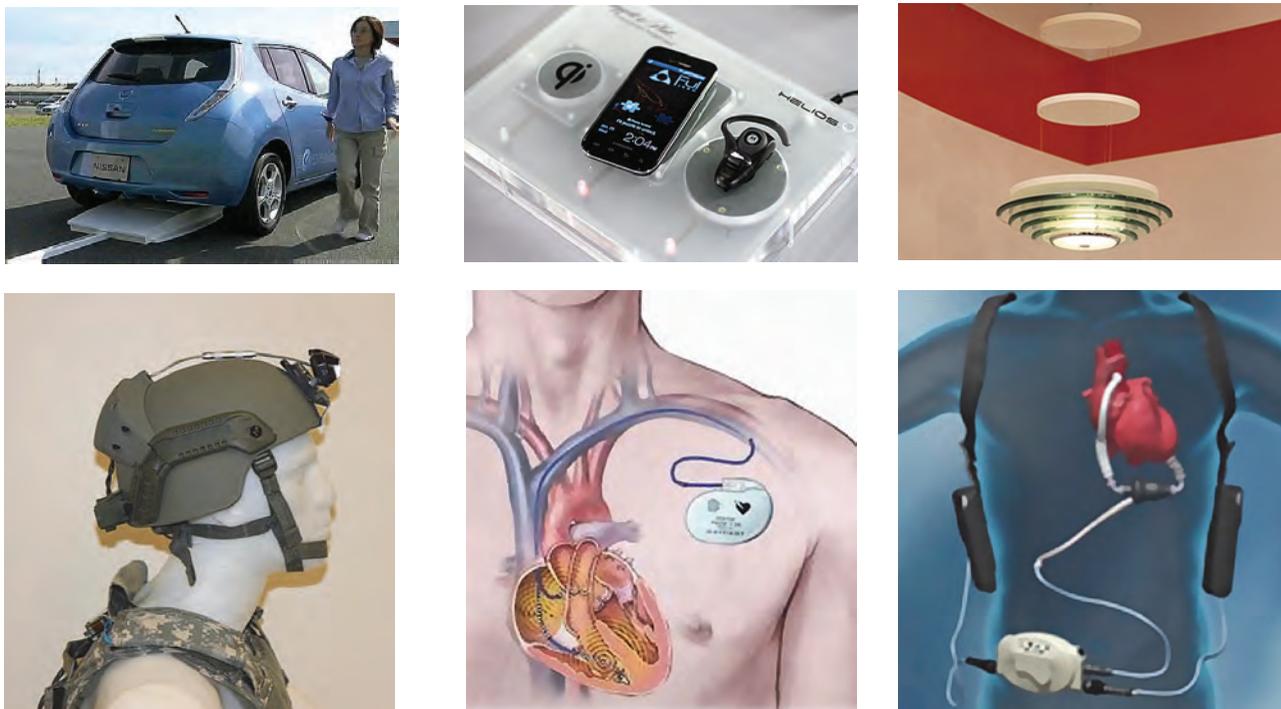
### СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Одна из сфер применения, которой, по сути, обязано название технологии – беспроводные зарядные устройства. Многие из нас давно являются владельцами смартфонов, планшетных компьютеров, мобильных телефонов, цифровых фото- и видеокамер и прочих интеллектуальных гаджетов. Одна из проблем потребителей – переход к универсальным зарядным устройствам, поскольку их владельцам в настоящее время приходится пользоваться разнотипными адаптерами и зарядными устройствами вследствие различия в электри-

ческих характеристиках и конструкциях устройств разных производителей. Ожидается, что внедрение универсального зарядного устройства избавит пользователей от необходимости замены старого в случае приобретения новой модели мобильного телефона или другого высокотехнологичного устройства. Кроме того, это позволит уйти от проблем распутывания паутины проводов в поисках нужного зарядного устройства при необходимости заряжать несколько разных устройств одновременно.

Однако, кроме массового потребительского рынка беспроводные зарядные устройства могут успешно применяться и в других сферах промышленности (рис. 7).

В медицине беспроводные системы зарядки можно использовать совместно с разнообразными имплантируемыми устройствами: кардиостимуляторами, инфузионными насосами или пр. Эти системы должны обеспечивать работу с учетом толщины кожного покрова с глубоко имплантированными в тело человека устройствами. При этом исключается необходимость хирургического вмешательства для замены используемых в них элементов питания.



*Рис. 7. Сферы применения беспроводных зарядных устройств*

Еще один из примеров "имплантированных" устройств, расположенных в труднодоступных местах, – это системы контроля давления в шинах, в которых датчики давления и устройства, обеспечивающие беспроводную связь, устанавливаются в колесе и питаются от батарей. Источники питания нуждаются в периодической замене, что может осложнить или помешать нормальной работе систем. Во многих других устройствах, также исключая вмешательство человека в процесс работы и предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях, единственная альтернатива одноразовым элементам питания – применение аккумуляторов и беспроводных зарядных устройств.

Беспроводные системы зарядки можно использовать и для зарядки аккумуляторов электромобилей. В этом случае необходимо обеспечить эффективную передачу мощности более 3 кВт на расстояние 10...20 см. Для выполнения зарядки индуцированным способом достаточно установить автомобиль над передатчиком и процесс зарядки начнется автоматически. Ожидается, что использование беспроводной зарядки будет способствовать росту популярности таких транспортных средств среди потребителей.

В качестве источника энергии для светодиодного освещения в помещении также можно использовать беспроводные системы передачи электроэнергии. В этом случае перед дизайнерами архитектурного светодиодного освещения открываются широкие возможности реализации новых решений для подвесных светильников, которые, как может показаться, "парят" в воздухе. В таком случае для единичных светильников достаточно передавать мощность около 10 Вт. В более сложных решениях необходимы дополнительные ретрансляторы.

Технологию беспроводной передачи электроэнергии можно использовать в изделиях военного назначения для повышения надежности, эргономичности и безопасности электронных устройств. В том числе, это могут быть военные каски разного назначения, электронные устройства которых питаются от аккумулятора, расположенного в форменном жилете солдата, что устраняет необходимость наличия проводов или одноразовой батареи.

## АЛЬЯНСЫ, СТАНДАРТЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛИ

На протяжении последних лет ряд организаций по стандартизации и промышленных консорциумом активно занимались разработкой стандартов и спецификаций, связанных с беспроводной передачей энергии. При этом один из важных аспектов, учитываемых при выработке стандартов, – это коммерциализация. Один из комитетов, входящих в ассоциацию инженеров автомобилестроения (Society of Automotive Engineers – SAE), представил стандарт для беспроводной зарядки электромобилей и гибридных электротранспортных средств (автомобилей и автобусов). Разработкой стандартов занимаются также авторитетные международные и региональные организации стандартизации. В их числе – международная электротехническая комиссия (МЭК), немецкая комиссия по электрооборудованию, электронике и информационным технологиям, японский научно-исследовательский институт автомобильной промышленности.

Ассоциация потребителей электроники (Consumer Electronics Association – CEA) также принимает активное участие в разработке стандартов, при этом главный акцент делается на применении технологии в потребительских приложениях. В ассоциации CEA создано несколько рабочих групп по разработке стандарта, в том числе WG4 и WG5. Рабочая группа WG4 занимается разработкой стандарта на базе MR-технологии, группа WG5 – технологии MI. Согласно классификации, предложенной CEA, основное отличие этих технологий заключается в величине коэффициента ( $k$ ) связи катушек. В магнитно-резонансном методе  $k < 0.1$  (хотя допускается также  $k = 1$ ), т.е. используются слабосвязанные катушки (loosely-coupled). В индуктивном – коэффициент связи катушек должен быть как можно ближе к единице, т.е. используются сильносвязанные катушки (tightly-coupled).

Кроме того, в последние годы были созданы международные отраслевые объединения по разработке и продвижению спецификаций, а также компонентов и оборудования для беспроводной зарядки – это консорциум Wireless Power Consortium (WPC), а также альянсы Power Matters Alliance (PMA) и Alliance for

Wireless Power (A4WP).

В консорциум WPC, основанный в 2008 году, входит более 200 компаний, в их числе: Fairchild Semiconductor, Foxconn, Freescale Semiconductor, Huawei Technologies Co., Ltd., Infineon Technologies AG, Integrated Device Technology (IDT), Qualcomm Incorporated, Renesas Electronics Corporation, Rohm Co., Ltd., Sony Corporation, Samsung Electronics Co., Ltd., STMicroelectronics International N.V, TDK Corporation, Texas Instruments, Toshiba Corporation. Задача консорциума – разработка спецификаций маломощных беспроводных устройств электропитания и зарядки аккумуляторов, а также соответствующей технологии. В конце 2010 г. консорциум представил первые спецификации, предусматривающие беспроводную передачу электроэнергии мощностью до 5 Вт. Спецификации получили название Qi 1.0 (Quality Interface). Версия спецификаций Qi 1.1, рассчитанных на мощность до 120 Вт, была опубликована в 2012 г.

Членами созданного в 2012 году альянса PMA являются корпорации ASUSTek Computer Inc., Broadcom Corporation, Diodes Inc., Infineon Technologies AG, Integrated Device Technology, NEC Corporation, NXP, ON Semiconductor, Panasonic Corporation, Qualcomm Incorporated, Powermat Technologies (компания-учредитель), Samsung Electronics, Sharp, Sony Corporation, STMicroelectronics International N.V, TDK, Texas Instruments, Toshiba Semiconductor & Storage Products, WiTricity. Всего более 100 организаций. В альянсе имеется несколько технических рабочих групп, в том числе Inductive Power Working Group (IPG) и Resonance Power Working Group (RPG). Первая занимается технологией передачи электроэнергии с использованием метода магнитной индукции, вторая – индуктивно-резонансного метода.

В основанный в 2012 году альянс A4WP входят такие известные компании как Broadcom, Fairchild Semiconductor, Fujitsu Limited, Hitachi Chemical Co. Ltd., Integrated Device Technology, Intel, Qualcomm Incorporated (компания-учредитель), LG Electronics, NXP, Marvell, Maxim Integrated Products, Inc., ON Semiconductor, Samsung, TDK Corporation, Texas Instruments и многие др. В январе 2013 года альянс A4WP представил первую версию

спецификаций A4WP Version 1.0 BSS (Baseline System Specification), часто упоминаемых под названием Rezence. Вместе с тем, продолжается активная работа по их доработке. Предполагается, что эти спецификации составят серьезную конкуренцию более ранним спецификациям Qi и Power 2.0, предложенным альянсами WPC и PMA соответственно.

В настоящее время активно продвигаются, по сути, две разновидности спецификаций беспроводной зарядки. Это спецификации, разработанные альянсами WPC и PMA, в основу которых положен принцип магнитной индукции (MI), а также предлагаемые альянсом A4WP спецификации, базирующиеся на использовании магнитно-резонансного метода (MR), активно продвигаемые под брендом Rezence.

В январе 2014 г. на международной выставке потребительской электроники CES 2014 консорциум WPC продемонстрировал возможности зарядных устройств, созданных на базе магнитно-резонансной технологии в соответствии с новыми модифицированными Qi-спецификациями.

Такие известные корпорации как Intel и Qualcomm Incorporated, ориентирующиеся на применение технологии беспроводной зарядки в своих мобильных устройствах, предложили свои варианты этой технологии. Это Intel's Wireless Charging Technology и Qualcomm's WiPower, в которых также используется индуктивно-резонансный метод. Спецификации альянса A4WP во многом базируются на технологии Qualcomm's WiPower. Компания IDT имеет партнерские соглашения с Intel и Qualcomm Incorporated, предусматривающие выполнение компанией IDT разработки и производства микросхем, поддерживающих эти технологии.

Компании Power by Proxu и WiTricity, которые также предлагают разнообразное оборудование для беспроводной передачи электроэнергии и уже давно заявили о себе на рынке промышленных и военных приложений, в настоящее время активно внедряют свои достижения и на потребительском рынке.

Для выпуска экономичных и портативных беспроводных зарядных устройств необходима специализированная элементная база. В настоящее время ряд компаний-производителей предлагают интегральные микросхемы и дру-

гие компоненты для реализации технологии беспроводной зарядки в конечных изделиях. В их числе Integrated Device Technology, Freescale Semiconductor, Linear Technology Corporation, NXP Semiconductor, ON Semiconductor, Panasonic, Texas Instruments, Toshiba и др.

### БЕЗОПАСНОСТЬ

Поскольку в системах беспроводной зарядки нельзя исключить электромагнитное излучение, вполне уместен вопрос, насколько такие системы безопасны для здоровья человека и не подвергается ли он воздействию больших и, возможно, потенциально опасных электромагнитных полей при их использовании.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) играет ведущую роль в разработке норм и согласованных рекомендаций допустимых уровней облучения человека. Вместе с тем, имеется ряд региональных и международных организаций, которые в спецификациях, созданных в соответствии с рекомендациями ВОЗ, регламентируют уровни облучения человека. В их число входит авторитетный Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и Международная комиссия по неионизирующим излучениям (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP). Один из важнейших показателей, определяющих вредное воздействие на человека электромагнитного облучения, – уровень SAR (Specific Absorption Rate – удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии), определяющий энергию электромагнитного поля, поглощаемую в тканях тела человека за одну секунду, вызывающую нагрев тканей. Допустимые значения удельного коэффициента поглощения, рекомендованные Федеральной комиссией связи (Federal Communication Commission – FCC) и комиссией ICNIRP, даны в табл. 2. Приведенные в таблице рекомендованные нормы определяют допустимые значения SAR, гарантирующие отсутствие неблагоприятных последствий для человека, независимо от его возраста и состояния здоровья, при воздействии электромагнитного облучения на разные участки тела.

В научных исследованиях и докладах, представленных как IEEE, так и ICNIRP, нет подтверждения того, что воздействие радиоча-

стотного (до 300 ГГц) электромагнитного поля вызывает рак. Однако имеется множество доказательств того, что при электромагнитном облучении может повышаться температура тела человека или отдельных его участков (тканей, органов). Электромагнитное облучение также может воздействовать на нервы и стимулировать мышечные ткани. Кроме того, электромагнитные поля оказывают неблагоприятное влияние на сетчатку глаза.

В результате многочисленных исследова-

**Таблица 2. Рекомендованные значения удельного коэффициента поглощения**

Организация	Удельный коэффициент поглощения (SAR), Вт/кг		
	Все тело	Голова, туловище	Конечности
FCC	0.08	1.6 (1 г)	4.0 (10 г)
ICNIRP	0.08	2.0 (10 г)	4.0 (10 г)

ний (IEEE, ICNIRP) было определено, что при воздействии излучения даже на самые чувствительные участки тела человека при среднем уровне SAR менее 4 Вт/кг не проявляется негативное воздействие, однако оно может приводить к повышению температуры тела максимум на один градус при нормальных условиях окружающей среды. Тем не менее, чтобы обеспечить "запас прочности", который бы компенсировал, возможно, еще неполные имеющиеся сегодня научные данные, а также, чтобы успокоить общественное мнение, IEEE и ICNIRP рекомендовали установить значение SAR на уровне менее 0.4 Вт/кг для работников, занятых на производстве, и 0.08 Вт/кг для массового потребителя. Кроме того, в табл. 2 приведены рекомендованные значения SAR для некоторых участков тела человека.

Конструкция и принцип работы беспроводных зарядных устройств обеспечивают высокую безопасность. Эффективный радиус действия выпускаемых сегодня систем не превышает нескольких миллиметров, а мощность электромагнитного излучения быстро затухает при удалении от источника. Поэтому беспроводные зарядные устройства не опаснее, чем ставшие привычными микроволновые

печи и мобильные телефоны.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В последнее годы ряд авторитетных аналитических агентств представил прогнозы развития мирового рынка беспроводных зарядных устройств вплоть до 2020 г. И хотя они имеют отличия, согласно всем исследованиям предвидится устойчивое повышение доходов в этом сегменте рынка. Ожидается, что суммарный доход в 2018 г. составит примерно \$9.95 млрд, а в 2020 г. – \$15 млрд при среднегодовом темпе роста (CAGR) в период 2013-2018 гг. от 42 до 56%. Доля рынка беспроводных зарядных устройств для мобильных телефонов в 2020 г. составит \$ 5 млрд. Также ожидается рост доходов в сегменте зарядных устройств для автомобилей, который согласно прогнозам составит \$4.6 млрд в 2019 г. На рис. 8 приведена диаграмма распределения роста доходов от продаж беспроводных зарядных устройств в зависимости от их назначения.

Более полную информацию о системах беспроводной зарядки можно найти в [1-6].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Charging Batteries without Wires in a Compact & Efficient Manner. – EDN Europe, January, 2014 (www.edn-europe.com).
2. Highly Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance. – WiTricity Corporation, 2013 (www.witricity.com).
3. Magnetic Induction or Magnetic Resonance for Wireless Charging? Bodo's Power Systems, January, 2013.
4. System Description Wireless Power Transfer. Volume I: Low Power. Part 1: Interface Definition Version 1.1.2. June, 2013.
5. Qi Versus power 2.0: Who Will Win the Wireless Charging Challenge?
6. Wireless charging still has strings attached.



**Рис. 8. Диаграмма распределения роста доходов от продаж беспроводных зарядных устройств в зависимости от их назначения**

**VD MAIS**  
**Электромеханические компоненты и компоненты систем автоматизации**

- Низковольтная коммутационная аппаратура
- Программируемые промышленные контроллеры и компьютеры, ПО
- Шкафы • Крейты • Соединители • Корпуса
- Вентиляторы • Инструмент • Кабельная продукция • СКС • Системы маркировки

**Дистрибуция и прямые поставки:**  
 Acme-Portable, AMP Netconnect, Belden, Vorpa, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202  
 e-mail: info@vdmiais.kiev.ua, www.vdmiais.kiev.ua

**VD MAIS**  
**Оборудование и материалы для монтажа/демонтажа электронных компонентов (ЭК)**

- Паяльное и ремонтное оборудование
- Системы очистки воздуха • Устройства трафаретной печати • Системы установки компонентов • Паяльные печи: конвекционной и селективной пайки, пайки волной
- Испытательное оборудование
- Системы визуального контроля
- Координатно-фрезерные станки
- Технологические материалы монтажа ЭК
- Средства антистатической защиты

**Дистрибуция и прямые поставки:**  
 AIM, Bernstein, Charleswater, Electrolube, Essemtec, KIC, Kolver, LPKF, Magic Ray, Miele, Nordson, Optilia, PACE, PDT, Samsung, Seho, TWS, Vision, Weiss

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202  
 e-mail: info@vdmiais.kiev.ua, www.vdmiais.kiev.ua