

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ, часть 2

**В** статье дана краткая информация о технологии беспроводной зарядки. Кроме того, приведены сведения о принципах работы, стандартах и компаниях-производителях оборудования с использованием этой технологии.

*В. Охрименко*

### WIRELESS CHARGING, PART 2

**Abstract-** **T**he article gives brief information about the technology of wireless charging. In addition, are considered the principles, standards, and manufacturers of equipment using this technology.

*V. Okhrimenko*

### ВВЕДЕНИЕ

Современное портативное электронное устройство, в описании характеристик которого нет таких прилагательных как мобильное и беспроводное, едва ли заинтересует потребителя. Новомодный гаджет уже невозможно представить без набора беспроводных интерфейсов. Благодаря им осуществляется подсоединение к каналам широкополосной связи (GSM/GPRS-сетям, домашним и/или офисным локальным сетям типа Wi-Fi и т.п.), а также периферийным устройствам (bluetooth-гарнитурам, акустическим системам, внешним накопителям и т.п.) или другим мобильным гаджетам и компьютерам. И только наличие кабеля для зарядки аккумулятора пока еще не позволяет называть ультрасовременные смартфоны, планшетные компьютеры и мобильные телефоны полностью беспроводными (рис. 1).



*Рис. 1. Традиционные проводные зарядные устройства*

Один из способов решения проблемы – это внедрение технологии беспроводной передачи электроэнергии для зарядки аккумуляторов. Гиганты мировой электронной индустрии прилагают немало усилий для разработки такой технологии и внедрения на рынок коммерче-

ски привлекательных беспроводных зарядных устройств. Вместе с тем, остается риторический вопрос, можно ли считать мобильное устройство в полной мере беспроводным, если для его подзарядки необходимо все же подключать кабель, и хотя не к суперсовременному гаджету, а к устройству зарядки, учитывая, что расстояние между ними не более 10...40 мм. Кроме того, при подключении к традиционной проводной зарядке мобильного телефона все же остается возможность его использования, по крайней мере, на расстоянии, ограниченном длиной кабеля. В случае применения беспроводной зарядки мобильный телефон пока еще размещается непосредственно на поверхности передатчика зарядного устройства.

Однако сфера применения беспроводных устройств не ограничивается только зарядкой аккумуляторов мобильных телефонов. Кроме того, технологию беспроводной передачи энергии можно использовать в медицине, для зарядки аккумуляторов автотранспортных средств или в качестве источника электроэнергии для светодиодных светильников, а также в других приложениях [1-7].

В последние годы ряд ведущих компаний (Qualcomm Incorporated, Intel, Integrated Device Technology, Linear Technology Corporation, NXP, Powercast Corporation, PowerbyProxy, Samsung, Texas Instruments, WiTricity и др.), а также международные отраслевые консорциумы Wireless Power Consortium (WPC), Power Matters Alliance (PMA) и Alliance for Wireless Power (A4WP) активно занимаются разработкой спецификаций и изготовлением ИМС и оборудования для беспроводных зарядных устройств.

**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ**

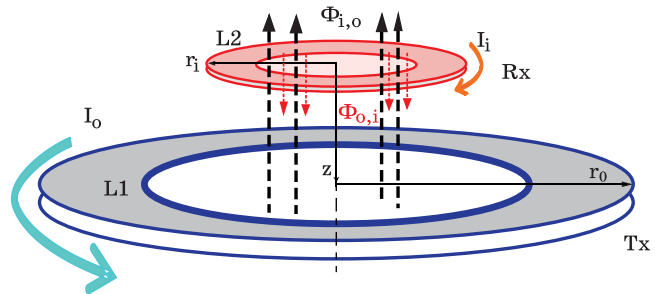
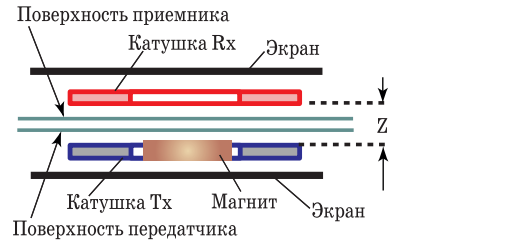
Существует несколько известных из курса физики беспроводных способов передачи энергии. Однако наибольшее распространение в электротехнике получили решения с использованием беспроводной передачи электроэнергии на основе явления электромагнитной индукции.

Как известно, область распространения электромагнитного поля разделяется на две основные зоны в зависимости от расстояния от источника излучения. Ближняя зона (зона индукции или реактивная) ограничивается расстоянием равным  $\lambda/2\pi$ , где  $\lambda$  – длина волны (рис. 2). Зона индукции постепенно переходит в зону излучения (волновую), и ярко выраженной границы между ними не существует. На границах ближней и дальней зоны различают переходную промежуточную зону. При частоте 10, 1 и 0.1 МГц протяженность ближней зоны составляет примерно 4.7, 47 и 477 м [1].



**Рис. 2. Ближняя и дальняя зоны**

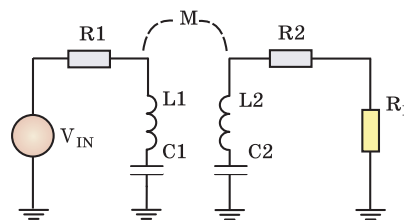
В системах беспроводной зарядки для передачи энергии от источника (передатчика) к приемнику используется явление электромагнитной индукции, которое заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур. На web-сайтах консорциумов WPC, PMA и A4WP можно найти информацию о принципе действия систем передачи энергии без проводов. Система состоит из первичной катушки L1 (источника) и вторичной катушки L2 (приемника). Катушки образуют систему с индуктивной связью (рис. 3). Переменный ток, протекая в обмотке первичной катушки, создает магнитное поле, индуцирующее напряжение в приемной катушке, которое может быть использовано как для зарядки аккумулятора, так и питания устройства. По мере удаления вторичной катушки от



**Рис. 3. Иллюстрация принципа действия беспроводных зарядных устройств**

первичной, все большая часть магнитного поля рассеивается и не достигает вторичной катушки. Даже при относительно малых расстояниях индуктивная связь становится неэффективной.

Упрощенная эквивалентная схема магнитно-связанных катушек приведена на рис. 4 [2].



**Рис. 4. Упрощенная эквивалентная схема магнитно-связанных катушек**

Взаимная индуктивность  $M$  определяется из известного соотношения:

$$M = k\sqrt{L_1 L_2},$$

где,  $k$  – коэффициент связи между катушками, зависящий от многих факторов, в том числе, от расстояния между катушками ( $z$ ), соотношения диаметров катушек, смещения между их центрами, от формы катушек и многого др. На рис. 5 приведены значения коэффициента

связи ( $k$ ) при расстоянии между катушками 0.2, 2.5, 5, 7.5 и 10 мм, а также графики зависимости коэффициента связи от величины смещения (для катушек диаметром 30 мм).

Резонансные контуры с индуктивной связью, применяемые в системах беспроводной зарядки, уже на протяжении многих десятков лет успешно используются в разнообразных радиотехнических устройствах, а их теория давно и хорошо известна.

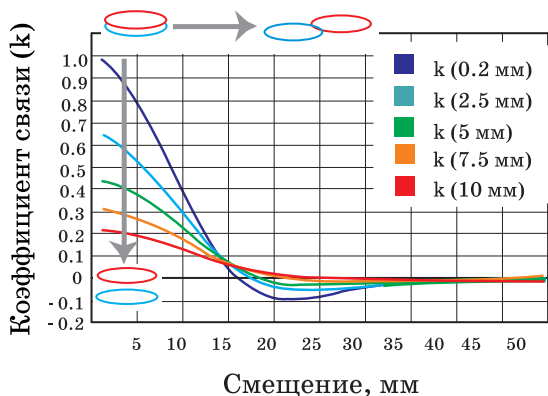


Рис. 5. Графики зависимости коэффициента связи от смещения катушек

Из анализа эквивалентной схемы на частоте резонанса эффективность системы ( $\eta$ ), определяемая как  $\eta = P_L/P_1$  (где,  $P_L$  – мощность на нагрузке  $R_L$ ,  $P_1$  – на резисторе потерь  $R_1$ ), будет наибольшей при оптимальном значении сопротивления нагрузки, которое равно [2]

$$R_L = R_2 \sqrt{1 + \frac{\omega_0^2 M^2}{R_1 R_2}},$$

где,  $\omega_0$  – резонансная частота,  $M$  – взаимная индуктивность,  $R_1$  и  $R_2$  – омическое сопротивление потерь катушек индуктивности.

Соответственно при оптимальном значении сопротивления нагрузки оптимальная эффективность системы на частоте резонанса равна

$$\eta = \frac{\sqrt{1 + Q_M^2} - 1}{\sqrt{1 + Q_M^2} + 1},$$

где,  $Q_M$  – коэффициент качества или иными словами эффективная добротность системы,

определяемая из выражения

$$Q_M = k \sqrt{Q_1 Q_2},$$

где,  $Q_1$  и  $Q_2$  – добротность резонансных контуров источника и приемника.

График зависимости эффективности системы ( $\eta$ ) от коэффициента качества ( $Q_M$ ) приведен на рис. 6.

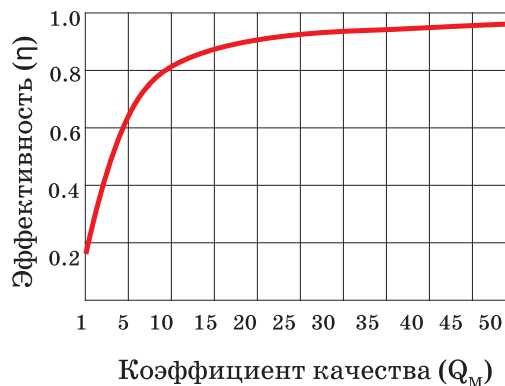


Рис. 6. График зависимости эффективности системы от коэффициента качества

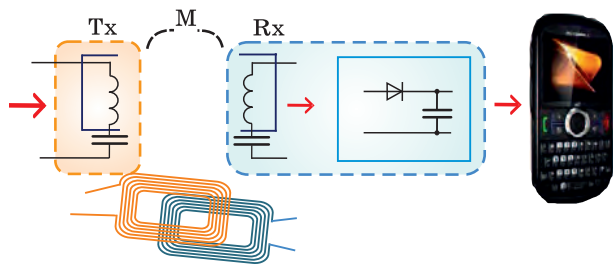
Как следует из приведенного графика эффективность системы на частоте резонанса представляет собой монотонно возрастающую функцию, асимптотически приближающуюся к единице. Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи между катушками и их добротности, а для увеличения эффективности беспроводных систем зарядки следует использовать явление резонанса, что позволяет увеличить КПД и дальность передачи энергии. Повысить эффективность индуктивно связанных систем можно за счет увеличения добротности катушек и/или коэффициента связи.

Согласно классификации ассоциации потребителей электроники СЕА (Consumer Electronics Association) технологию беспроводной зарядки предлагается различать в зависимости от величины коэффициента связи. Если значение  $k$  близко к единице – это так называемая сильносвязанная система (tightly-coupled), если  $k < 0.1$  – слабосвязанная (loosely-coupled).

В настоящее время разработаны две техно-

логии беспроводной зарядки, использующие явление электромагнитной индукции. Одна из них, в которой используются сильносвязанные катушки, получила название MI (Magnetic Induction – магнитной индукции), другая со слабосвязанными – MR (Magnetic Resonant – магнитно-резонансная). WPC- и PMA-спецификации базируются на использовании технологии MI, в спецификациях альянса A4WP рекомендуется использование – MR. Эти две технологии имеют много общего, однако, вместе с тем, присутствуют и кардинальные отличия.

В каждой из них для беспроводной передачи энергии используется магнитное поле и применяются резонансные контуры (рис. 7).



**Рис. 7. Структура беспроводных устройств зарядки**

Магнитный поток, создаваемый источником и пронизывающий вторичную катушку, зависит от конфигурации магнитного поля, которую можно трансформировать как благодаря изменению геометрических размеров катушек и их взаимному расположению, так и за счет применения соответствующего магнитного экранирования. Плотность потока зависит от магнитной проницаемости экранов. Стоимость и толщина экранов являются ключевыми факторами при их выборе. От взаимной ориентации передающей и принимающей катушек, а также от расстояния между ними зависит эффективность системы передачи энергии. Чем больше расстояние между катушками, тем менее эффективна система. Кроме того, эффективность зависит от резонансной частоты, относительных размеров передающей и принимающей катушек, коэффициента связи, сопротивления обмоток, наличия скин-эффекта, паразитных связей и ряда других факторов. Смещение по координатам  $X, Y, Z$ , а также наличие угла наклона между катушка-

ми приводит к существенному росту потерь и соответственно к снижению эффективности передачи энергии.

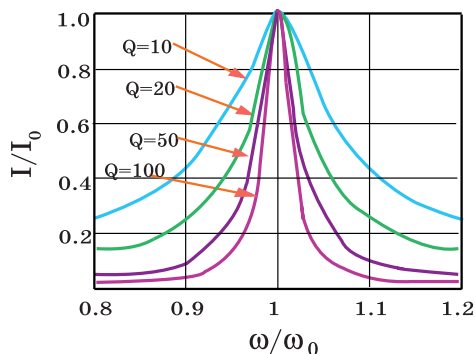
В WPC-спецификациях приведены определенные требования к позиционированию приемной катушки относительно передающей. Однако, чтобы получить максимальный коэффициент связи между двумя катушками в реальной системе может потребоваться дополнительная регулировка их взаимного расположения.

В случае применения MR-технологии нет необходимости в строгом позиционировании катушек, а также имеется возможность использовать один источник для одновременной зарядки нескольких устройств, что, несомненно, более привлекательней для пользователей. Однако, в этом случае также следует учитывать влияние расстояния между “связанными устройствами” на эффективность системы.

В зависимости от требований, и не в последнюю очередь это стоимость и размер катушек, в системах, созданных на базе этих технологий, могут применяться одна или несколько катушек. В рекомендациях WPC- и PMA-спецификаций, основанных на технологии MI, резонансная частота выбирается с учетом сопротивления нагрузки и может изменяться в достаточно широком диапазоне. В связи с этим, эффективная добротность системы относительно низкая по сравнению с решениями на базе технологии MR. Оптимальная эффективность системы может быть достигнута только на определенной резонансной частоте и при оптимальном сопротивлении нагрузки. В случае использования MR-технологии, т.к. энергия передается на строго определенной резонансной частоте, добротность системы выше, однако требуется очень точное согласование резонансных частот. При использовании обеих технологий изменение параметров в процессе работы должно строго контролироваться, т.к. они оказывают непосредственное влияние на эффективность передачи энергии.

В спецификациях WPC 1.1 оговаривается, что резонансная частота может быть выбрана в диапазоне 100...205 кГц, в спецификациях PMA – 277...357 кГц. При этом в существующих системах беспроводной зарядки типичное значение добротности составляет 30...50 [4]. В решениях, реализованных в соответствии со

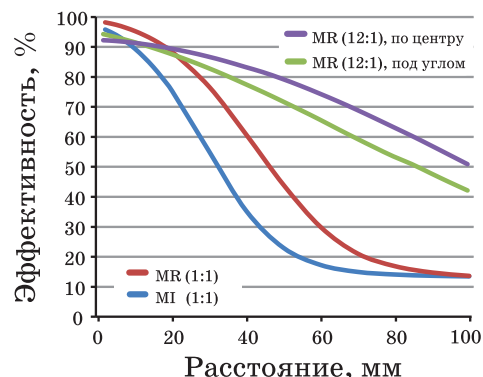
спецификациями A4WP, т.к. частота строго фиксирована, значение резонансной частоты и импеданса между приемником и передатчиком должны быть строго согласованы. Обычно в MR-системах требуется обеспечить более высокие значения добротности (50...100 и более), в сравнении с MI-системами (рис. 8) [4].



**Рис. 8. Зависимости диапазонов изменения нормированной резонансной частоты для систем с разной добротностью**

КПД системы является важнейшим фактором для устройств беспроводной передачи энергии. Независимо от значения КПД почти всегда можно обеспечить передачу заданного уровня мощности. Однако вопрос в том, какой ценой, и какими средствами. Чем больше КПД, тем меньше размеры и стоимость беспроводного зарядного устройства при той же передаваемой мощности. При зарядке смартфона от проводного адаптера (5 В) можно достичь КПД около 97%. В случае беспроводной зарядки такие показатели пока еще недостижимы, а то насколько они ниже зависит от многих факторов, в том числе и от расстояния. Увеличение расстояния между первичной и вторичной катушками вызывает снижение КПД любой системы. Однако в системах со слабосвязанными настроенными в резонанс катушками уменьшение КПД происходит намного медленнее в сравнении с системами с сильносвязанными катушками, что проявляется даже при применении катушек одинакового размера [5]. Это отчетливо видно из результатов измерений, приведенных на рис. 9. В процессе испытаний использовались две пары катушек размерами 35×35 и 35×35 мм (соотношение площадей катушек 1:1) и – 171×130 и 55×36 мм (12:1). Еще большее преимущество в эффек-

тивности магнитно-резонансных систем достигается, когда первичная и вторичная катушка имеют разные размеры (12:1). В этом случае одну первичную катушку можно использовать для зарядки нескольких устройств и одновременно заряжать, например, три мобильных телефона. Системы с сильносвязанными катушками вообще не работают при соотношении 12:1.



**Рис. 9. Эффективность систем, использующих разные технологии**

Еще одно отличие технологий заключается в следующем. При использовании метода MI для формирования переменного тока в резонансном контуре первичной катушки применяется полумостовой или мостовой преобразователь, тогда как в методе MR – усилитель мощности. Архитектура усилителя мощности может модифицироваться в зависимости от частоты, КПД, тока потребления в режиме ожидания, размеров, стоимости и назначения устройства. Вместе с тем, при использовании этих методов следует уделять серьезное внимание снижению потерь на переключение, а также уменьшению паразитных потерь во внешних компонентах.

В зависимости от требований к входному напряжению и архитектуре системы, выбор технологии играет определяющую роль для оптимизации интегрированных решений. Как правило, в системе управления имеется несколько контуров регулирования, при этом стабильность общего контура управления определяет высокую производительность системы. При использовании MI- и MR-технологии хорошие показатели производительности могут быть достигнуты также за счет эффективного управления напряжением питания.

**СТАНДАРТЫ**

В настоящее время беспроводные зарядные устройства выпускаются в соответствии со спецификациями, предложенными альянсами WPC и PMA, в основу которых положена технология MI. Это спецификации Qi 1.0/Qi 1.1 (WPC) и PMA 1.0. В табл. 1 приведены некоторые рекомендации спецификаций WPC v. 1.1.2 (июнь 2013 г.), ориентированные на создание маломощных беспроводных зарядных устройств.

**Таблица 1. Рекомендации спецификаций WPC v. 1.1.2**

Параметр	Значение
Мощность, Вт	5
Расстояние между катушками, мм	5...40
Частота тока возбуждения, кГц	100...205

В WPC-спецификациях даны рекомендованные требования к мощности передатчика, кроме того, приведены значения индуктивности передающих катушек, диаметра и марки провода обмотки, габаритных размеров катушек, а также рекомендации по выбору материала магнитных экранов и их расположению. В некоторых случаях для более точного позиционирования катушек предусматривается наличие постоянных магнитов. Их тип, расположение и ориентация полюсов также регламентируется спецификациями. Кроме того, для каждого типа передатчика даны размеры передающих катушек и приведены рекомендации по структуре преобразователя, формирующего ток в первичной катушке. Приведены также параметры PID-регулятора и его структурная схема.

Согласно WPC-спецификациям передатчик содержит мостовой или полумостовой DC/AC-преобразователь, формирующий ток, и собственно обмотку. В WPC-спецификациях предусмотрено использование двух типов передатчиков – А (А1...А18) и В (В1...В5), каждому из которых соответствует свой типоразмер катушек.

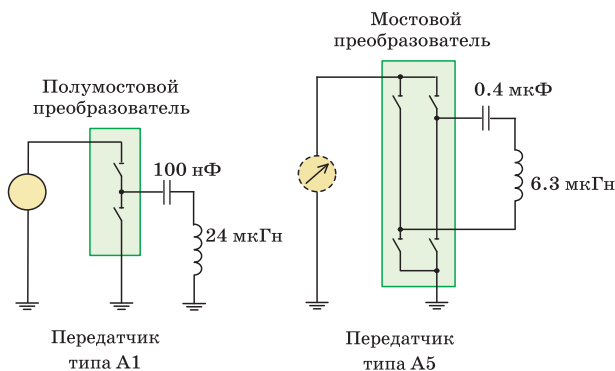
Передатчики типа А, как правило, содержат всего одну обмотку, она же всегда исполь-

зуется как активная. В случае если предусмотрено несколько или реализован линейный массив обмоток (например, как в А6 с частичным перекрытием), только одна из обмоток подключается к преобразователю. Именно та из массива, которая в текущий момент обеспечивает наиболее эффективную передачу энергии приемнику. Выбор необходимой обмотки выполняется на начальном этапе обмена данными с приемником. Такой подход позволяет в определенной степени реализовать концепцию свободного позиционирования приемника и передатчика, что дает возможность потребителям не беспокоиться о точном совмещении своего мобильного устройства с определенным участком поверхности зарядного устройства. В передатчиках типа А поддерживается работа только с одной активной обмоткой.

В передатчиках типа В предусматривается возможность работы с несколькими обмотками из массива (т.е. допускается одновременное их подключение параллельно или последовательно), что обеспечивает возможность свободного позиционирования приемника на поверхности передатчика. Один преобразователь обслуживает только один приемник, однако не исключается возможность реализации нескольких преобразователей, при этом можно использовать незадействованные обмотки из массива.

На рис. 10 приведены структура и характеристики передатчиков типа А1 и А5.

Основные параметры катушек типоразмеров А1/А5, которые сегодня наиболее часто ис-



**Рис. 10. Структура передатчиков типа А1 и А5**

пользуются в выпускаемых устройствах беспроводной зарядки для мобильных потреби-

тельских устройств, а также катушки типоразмера В4, ориентированной на создание массива катушек, приведены на рис. 11 и в табл. 2.

Катушки типоразмера А1, А5 отличаются от А10, А11 только наличием постоянного магнита, который применяется для увеличе-

ния точности позиционирования передающей и принимающей обмоток, а также фиксации устройства на поверхности передатчика. Материал магнита – неодим, диаметр – 15.5 мм, индукция постоянного магнитного поля, создаваемого на поверхности передатчика – 100 мТл. Магнит размещается в пространстве, образованном внутренними витками обмоток, диаметр которых 20.5 мм.

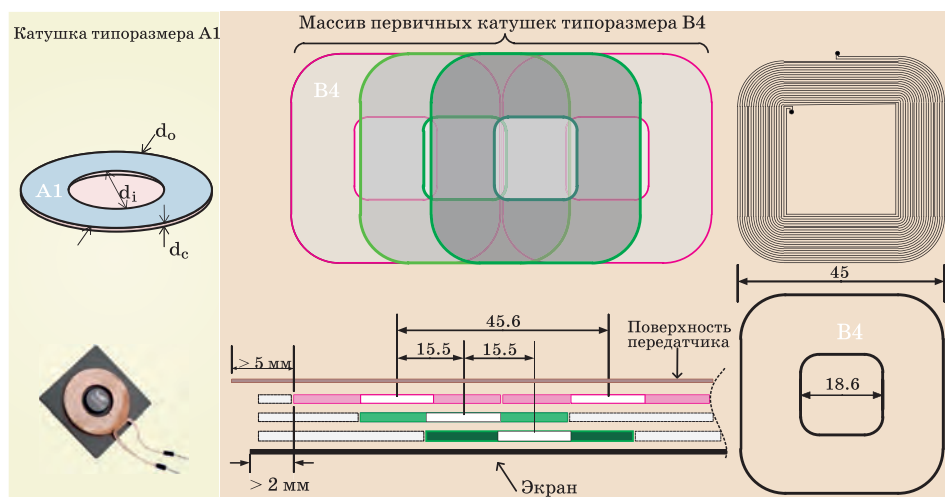


Рис. 11. Основные параметры катушек типоразмера А1 и В4

Таблица 2. Основные параметры катушек типоразмеров А1 и А5

Параметр	Одиночная катушка с магнитом	
	А1	А5
Структура преобразователя	полумост	мост
Внешний диаметр ( $d_o$ ), мм	43	44
Внутренний диаметр ( $d_i$ ), мм	20.5	20.5
Толщина ( $d_c$ ), мм	2.1	2.1
Индуктивность, мкГн	24	6.3
Число витков (n)	10	10
Число слоев	2	1 (2)

**ПРОИЗВОДИТЕЛИ**

Для выпуска экономичных портативных беспроводных зарядных устройств необходима специализированная элементная база. В настоящее время ряд компаний-производителей выпускает ИМС для реализации технологии беспроводной зарядки в конечных изделиях (табл. 3). В их числе Freescale, Integrated Device Technology (IDT), Linear Technology Corporation (LT), Texas Instruments (TI) и др. Приведенные в табл. 3 передатчики предназначены для работы с катушками типоразмера А1, А5, А6, А10 и А11. Все ИС совместимы со спецификациями WPC 1.0/1.1. Приемник IDTP9021 (IDT) удовлетворяет рекомендациям двух спецификаций: WPC 1.0.1 и PMA Type 1. Все передатчики содержат встроенный

Таблица 3. Компании-производители ИМС для реализации технологии беспроводной зарядки в конечных изделиях

Компания	Приемник	Передатчик
IDT	IDTP9020, IDTP9021, IDTP9025	IDTP9030/35/35A, IDTP9036/36A/38
LT	LTC4120	–
TI	bq51013B, bq51050B, bq51051B	bq500210/211/212A, bq500410A/12
Toshiba	TC7761WBG, TB6860WBG, TB6862WBG	TB6865AFG
NXP	–	NXQ1TXA6
Freescale	–	MWCT1000CFM, MWCT1101CLH

контроллер. Микросхема LTC4120 (LT) не совместима со спецификациями WPC и создана в результате совместных усилий компаний LT и PowerbyProxi. ИМС LTC4120 не содержит встроенного контроллера, что существенно упрощает ее применение. Кроме ИМС ряд компаний выпускает также широкую номенклатуру плоских катушек, ориентированных на использование в беспроводных зарядных устройствах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одобренный альянсом A4WP проект спецификаций A4WP Version 1.0 Baseline System Specification (BSS) впервые был опубликован для рассмотрения в январе 2013 г. Однако альянс еще не представил окончательный официальный вариант своих спецификаций. Предполагается, что это произойдет в течение 2014 г. Тем не менее, уже в ближайшее время ожидается серийный выпуск зарядных устройств, в соответствии с A4WP-спецификациями, активно продвигаемыми на рынок под брендом Rezence.

Согласно A4WP-спецификациям в зависимости от мощности передатчика и приемники разделяются на классы и категории (табл. 4). Также в зависимости от уровня потребляемой приемниками мощности передатчику каждого класса соответствуют приемники определенной категории. Например, передатчик второго класса может обеспечивать питанием два приемника категории 2 или один категории 3. Частота тока возбуждения передающей катушки 6.78 МГц.

Основные функциональные преимущества систем, основанных на использовании индук-

тивно-резонансного метода, в сравнении с системами на базе метода магнитной индукции приведены ниже.

Во-первых, гибкость во взаимной ориентации источника и приемников в процессе работы, что делает такие системы более простыми и удобными в пользовании.

Во-вторых, один источник может быть использован для передачи энергии к более, чем одному приемнику, даже если они имеют разные требования к электропитанию. Т.е. вместо того, чтобы иметь специальное зарядное устройство для каждого мобильного телефона можно использовать всего одно для одновременной зарядки нескольких (рис. 12).

В-третьих, т.к. подразумевается использование систем с низким значением коэффициента связи ( $<0.1$ ), устраняются требования на жесткие ограничения между размерами катушек источника и приёмника.

В-четвертых, расстояние для эффективной передачи энергии может быть увеличено за счет использования резонансных ретрансляторов

Ряд аналитиков предполагает, что преимущества применения беспроводных MR-систем окажут большое влияние на перераспределение рынка и приведет к тому, что к 2020 г. доля MR-систем составит примерно 80% общего объема рынка всех беспроводных устройств зарядки (рис. 13).

В настоящее время на зарождающемся рынке беспроводных зарядных устройств аккумуляторов мобильных гаджетов сложилась интригующая ситуация. Практически одновременно были созданы три независимых отраслевых альянса: WPC, PMA и A4WP. При этом ведущие компании одновременно являются чле-

**Таблица 4. Некоторые характеристики спецификаций A4WP**

Передатчик		Приемник		
Класс	Мощность передатчика, Вт	Категория	Мощность приемника, Вт	Назначение
1	–	1	–	–
2	10	2	3.5	Моб. телефоны
3	16	3	6.5	Смартфоны
4	24	4	–	–
5	–	5	–	–





**Рис. 13. Прогнозируемая структура рынка беспроводных зарядных устройств**

нами конкурирующих альянсов, а каждый из них предлагает разные принципы реализации технологии беспроводной передачи энергии. Едва ли, в такой ситуации можно ожидать, что будет обеспечиваться совместимость между оборудованием разных производителей. Поэтому ведущие корпорации вынуждены искать пути мирного урегулирования сложившейся ситуации.

В феврале 2014 г. соперничающие на рынке стандарты беспроводной передачи энергии консорциумы PMA и A4WP решили объединить усилия и подписали соглашение, направленное на поддержание функциональной совместимости своих стандартов. Стороны договорились адаптировать свои спецификации, что позволит создавать совместимое между собой оборудование, ориентированное на разные приложения.

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.

Обострившаяся конкуренция на рынке интеллектуальных гаджетов вынуждает производителей предлагать потребителям все новые функциональные возможности. Так одной из новоиспеченных «фишек» ультрамодных смартфонов можно назвать беспроводную зарядку, которая для потребителей может послужить реальным аргументом в споре за их качество.

Более полную информацию о системах беспроводной зарядки можно найти в [1-7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Umenei A. E, Ph.D, Senior Research Scientist. Understanding low frequency non-radiative power transfer, June 2011.
2. Kamil A. Grajski, Ryan Tseng and Chuck Wheatley. Qualcomm Incorporated. Loosely-Coupled Wireless Power Transfer: Physics, Circuits, Standards. – IEEE, 2012.
3. Highly Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance. – WiTricity Corporation, 2013//www.witricity.com.
4. Magnetic Induction or Magnetic Resonance for Wireless Charging? Bodo's Power Systems, January, 2013.
5. By Estabrook Mark. The convenience of wireless charging: It's just physics. White paper. – MediaTek.
6. System Description Wireless Power Transfer. Volume I: Low Power. Part 1: Interface Definition Version 1.1.2. June, 2013.
7. Qi Versus power 2.0: Who Will Win the Wireless Charging Challenge?

**VD MAIS**  
**Контрактное производство электроники**  
 (по стандарту IPC-A-610)

- автоматизированный монтаж SMD-компонентов (до 1,5 млн в сутки)
- автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
- монтаж прототипов печатных плат
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- изготовление опытных образцов изделий
- мелко- и крупносерийное производство
- 10-летний опыт контрактного производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие стандартам ISO 14001:2004 и ISO 9001:2008.  
 Цены – оптимальные.

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**  
**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, Vopla, 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