

УДК 620.92

БЕСПРОВОДНОЕ ИНДУКЦИОННОЕ СРЕДСТВО ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Богдан А.А., Захарченко В.С, Игнатович Р.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

В современном мире всё острее становится вопрос об избавления от проводов. Все давно привыкли к вещам типа Wi-fi, сотовая сеть Интернет. Мы хотим представить беспроводное зарядное устройство для телефона и прочих мелочей. Прежде всего нужно сказать, что это не модель вечного двигателя. Более того, КПД такого устройства достаточно низкое, однако, это достаточно удобно подавать энергию на предметы, которые просто лежат на столе.

Портативное электронное устройство, в описании характеристик которого нет таких прилагательных как мобильное и беспроводное, едва ли заинтересует современного 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.д.), а также периферийным устройствам (Bluetooth-гарнитурам, акустическим системам, внешним накопителям и т.д.) 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



Один из способов решения проблемы – внедрение технологии беспроводной передачи электроэнергии для зарядки аккумуляторов. Гиганты мировой электронной индустрии прилагают немало усилий для разработки такой технологии и внедрения на рынок коммерчески 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, пусть даже не к суперсовременному гаджету, а к устройству зарядки, учитывая, что расстояние между ними не более 10...40 мм? В случае применения беспроводной зарядки мобильный телефон размещается непосредственно на поверхности передатчика зарядного устройства.

Однако сфера применения беспроводных устройств не ограничивается только зарядкой аккумуляторов мобильных телефонов. 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.

Принцип действия

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



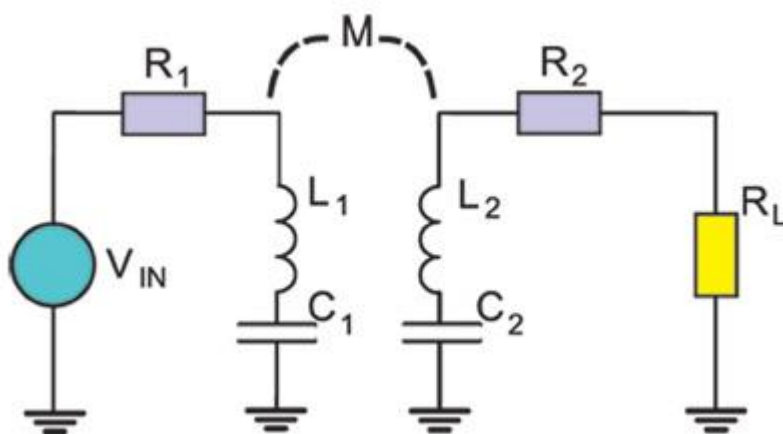
Как известно, область распространения электромагнитного поля разделяется на две основные зоны в зависимости от расстояния от источника излучения. Ближняя зона (зона индукции или реактивная) ограничивается расстоянием, равным $\lambda/2\pi$, где λ – длина волны. Зона индукции постепенно переходит в зону излучения (волновую), и ярко выраженной границы между ними не существует. На границах ближней и дальней зон различают переходную промежуточную зону. При частотах 10, 1 и 0,1 МГц протяженность ближней зоны составляет примерно 4,7; 47 и 477 м.

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 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. 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 для питания устройства. По мере удаления вторичной катушки от первичной все большая часть магнитного поля рассеивается и не достигает вторичной катушки. Даже при относительно малых расстояниях индуктивная связь становится неэффективной.

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

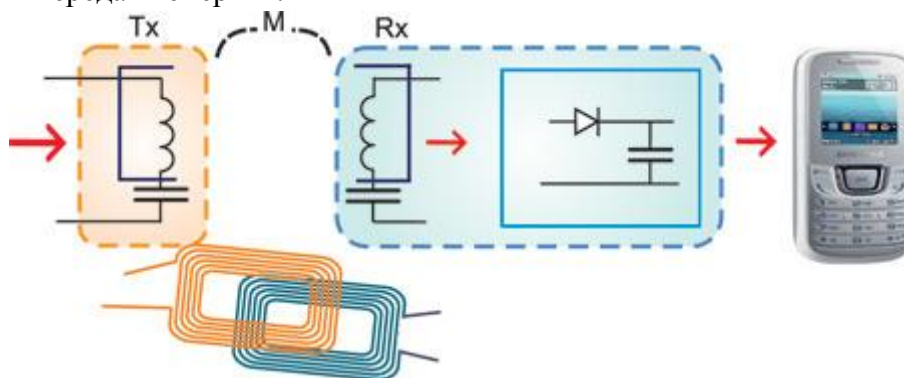
Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи между катушками и их добротности, а для увеличения эффективности беспроводных систем зарядки следует использовать явление резонанса, что позволяет увеличить КПД и дальность передачи энергии. Повысить эффективность индуктивно связанных систем можно за счет увеличения добротности катушек и/или коэффициента связи.

В настоящее время разработаны две технологии беспроводной зарядки, использующие явление электромагнитной индукции. Одна из них, в которой используются сильно связанные катушки, получила название MI (Magnetic Induction – магнитно-индуктивная), другая со слабо связанными – 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.



Упрощенная эквивалентная схема магнитно-связанных катушек

В каждой из них для беспроводной передачи энергии используется магнитное поле и применяются резонансные контуры (см. рис. 1). 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 катушками 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 привлекательно для пользователей. Однако в этом случае следует учитывать влияние расстояния между «связанными устройствами» на эффективность системы.

В зависимости от требований (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.

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 т.ч. 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.

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 при 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.

Стандарты

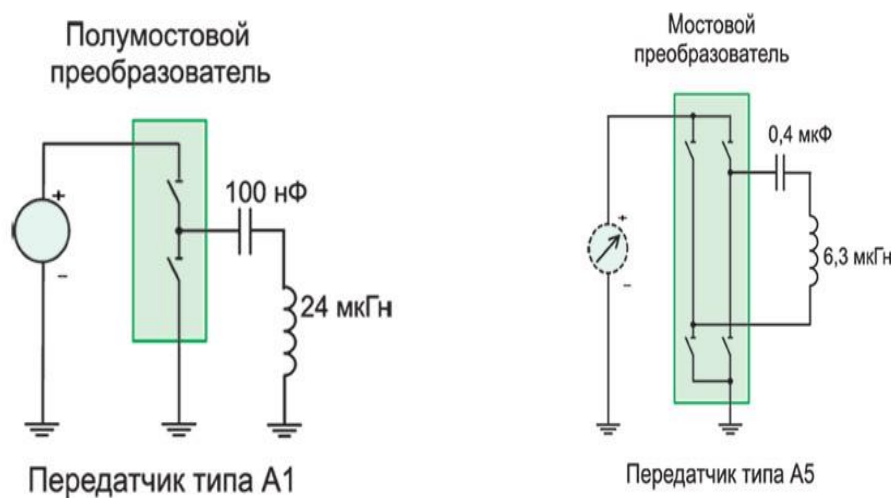
В настоящее время беспроводные зарядные устройства выпускаются в соответствии со спецификациями, предложенными альянсами WPC и PMA, в основу которых положена технология MI

В WPC-спецификациях содержатся требования к мощности передатчика, приведены значения индуктивности передающих катушек, диаметра и марки провода обмотки, размеров катушек, а также даны 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.

Передатчики типа А, как правило, содержат всего одну обмотку, она же всегда используется как активная. Если предусмотрено несколько или реализован линейный массив обмоток (например, как в А6 с частичным перекрытием), то тогда только одна из обмоток

подключается к преобразователю. Причем, 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 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 рисунке приведены структура и основные характеристики передатчиков типа А1 и А5.



Заключение

Назовем функциональные преимущества систем, основанных на использовании индуктивно-резонансного метода, в сравнении с системами на базе метода магнитной индукции.

1. Гибкость во взаимной ориентации источника и приемников в процессе работы делает такие системы более простыми и удобными в пользовании.
2. Один источник может быть использован для передачи энергии 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.
3. Поскольку подразумевается использование систем с низким значением коэффициента связи ($< 0,1$), устраняются требования по поводу жестких ограничений между размерами катушек источника и приемника.
4. Расстояние для эффективной передачи энергии может быть увеличено за счет использования резонансных ретрансляторов.

В настоящее время на зарождающемся рынке беспроводных зарядных устройств аккумуляторов для мобильных гаджетов сложилась интригующая ситуация. Почти одновременно были созданы три независимых отраслевых альянса: WPC, PMA и A4WP. При

этом ведущие компании одновременно являются членами конкурирующих альянсов, а каждый из них предлагает разные принципы реализации технологии беспроводной передачи энергии. В такой ситуации едва ли можно ожидать, что будет обеспечиваться совместимость между оборудованием разных производителей, поэтому ведущие корпорации вынуждены искать пути мирного урегулирования сложившейся ситуации.

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 новых «фишек» ультрамодных смартфонов можно назвать беспроводную зарядку, которая для потребителей может послужить реальным аргументом в споре за их качество.

Литература:

1. http://radioskot.ru/publ/zu/besprovodnaja_zarjadka_dlja_telefona/8-1-0-459
2. <https://habrahabr.ru/post/253185/>
3. http://itcrumbs.ru/besprovodnaya-zaryadka-dlya-telefona-printsip-raboty_14659
4. <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/70732/>