

Отчет МСЭ-R SM.2303-4

(06/2023)

Серия SM: Управление использованием спектра

**Беспроводная передача энергии
с использованием технологий,
не предусматривающих передачу
с помощью радиочастотного луча**

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <https://www.itu.int/publ/R-REP/ru>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2025 г.

© ITU 2025

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2303-4

**Беспроводная передача энергии с использованием технологий,
не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча**

(Вопрос МСЭ-R 210-4/1)

(2014-2015-2017-2021-2023)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1	Введение.....	7
2	Применения, разработанные для использования технологий БПЭ.....	8
2.1	Переносные и мобильные устройства.....	8
2.2	Бытовые приборы и логистические применения.....	8
2.3	Электромобиль	10
3	Технологии, используемые в применениях БПЭ или связанные с ними	12
3.1	Для портативных и мобильных устройств.....	12
3.2	Для бытовых приборов.....	17
3.3	Для электромобилей.....	18
3.4	Для роботов и AGV	20
4	Состояние стандартизации БПЭ в мире.....	22
4.1	Национальные организации по разработке стандартов	22
4.2	Международные и региональные организации	24
5	Статус спектра	32
5.1	БПЭ, различие между РЧ-полосами ПНМ и устройств малого радиуса действия	32
5.2	Не относящиеся к ПНМ полосы, используемые на национальной основе для БПЭ.....	33
5.3	Полосы ПНМ, используемые на национальной основе для БПЭ	34
6	Примеры национальных регуляторных положений	36
6.1	В Корее	37
6.2	В Японии.....	38
6.3	В Китае.....	44
7	Исследования взаимного влияния БПЭ и служб радиосвязи	44
7.1	Результаты исследований и текущая деятельность в некоторых администрациях	44
7.2	Общие исследования воздействия БПЭ на службы радиовещания и их результаты	54

7.3	Диапазоны частот 100/110–300 кГц для БПЭ.....	67
7.4	Диапазон частот 300–405 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств	67
7.5	Диапазон частот 1700–1800 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств.....	67
7.6	Диапазон частот 2000–2170 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств	67
7.7	Диапазон частот 6765–6795 кГц для БПЭ	67
7.8	Воздействие на службы стандартных частот и сигналов времени	68
7.9	Накопленный СЕПТ опыт в области обеспечения защиты служб от излучений индукционных SRD-устройств	68
8	Резюме.....	69
9	Справочные документы.....	70
Приложение 1 – Руководство по оценке воздействия РЧ в разных организациях и администрациях		71
Приложение 2 – Пример обеспечения использования полосы 6765–6795 кГц, предназначенной для ПНМ, для зарядки мобильных устройств.....		77
Приложение 3 – Данные измерений излучаемого шума и шума проводимости систем БПЭ		79
1	Введение.....	79
2	Модели измерения и методы измерения.....	80
2.1	Система БПЭ для зарядки ЭМ	80
2.2	Мобильные устройства, переносные устройства и бытовые приборы.....	83
3	Целевой предел излучения, установленный BWF	85
3.1	Предел для системы БПЭ, предназначенной для зарядки ЭМ.....	85
3.2	Предел для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе магнитного резонанса.....	86
3.3	Предел для бытовых приборов, в которых используется технология на основе магнитной индукции	86
3.4	Предел для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи.....	87
4	Результаты измерения излучаемого шума и шума проводимости.....	87
4.1	Система БПЭ для зарядки ЭМ	88
4.2	Мобильные и переносные устройства, в которых используется технология на основе магнитного резонанса.....	93
4.3	Бытовые приборы, в которых используется технология на основе магнитной индукции	96

Стр.

4.4	Мобильные и переносные устройства, в которых используется технология на основе емкостной связи.....	100
Приложение 4 – Не используется		104
Приложение 5 – Результаты испытаний на электромагнитные помехи, создаваемые БПЭ		104
5.1	Введение	104
5.2	Общая схема и условия проведения измерений	104
5.3	Предельный уровень излучения.....	105
5.4	Электромагнитные помехи.....	105
Приложение 6 – Планирование радиовещания		108

Сокращения/гlossарий

A4WP	Alliance for Wireless Power	Альянс за беспроводную передачу энергии
AFA	AirFuel Alliance	Альянс AirFuel
AGV	Automated Guided Vehicle	Автоматически управляемая тележка
АНГ	Ad-Hoc Group	СГ Специальная группа
APT	Asia-Pacific Telecommunity	АТСЭ Азиатско-Тихоокеанское сообщество электросвязи
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japan)	Ассоциация промышленных и коммерческих предприятий в области радиосвязи (Япония)
ATS	Automatic Train Stop Systems	Система автоматической остановки поездов
AWG	APT Wireless Group	Группа АТСЭ по беспроводной связи
BBC	British Broadcasting Corporation	Британская радиовещательная корпорация
BWF	Broadband Wireless Forum (Japan)	Форум по широкополосной беспроводной связи (Япония)
CATR	China Academy of Telecommunication Research	Китайская академия исследований в области электросвязи
CCSA	China Communications Standards Association	Китайская ассоциация по стандартам в области связи
CE	Consumer Electronics	Бытовая электроника
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization/ Comité Européen de Normalisation Electrotechnique	Европейский комитет по стандартизации электротехники

CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations/ Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications	СЕПТ	Европейская конференция администраций почт и электросвязи
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques	СИСПР	Международный специальный комитет по радиопомехам
CJK	China-Japan-Korea		Китай–Япония–Корея
CTA	Consumer Technology Association		Ассоциация потребительских технологий
DGPS	Differential Global Positioning System		Дифференциальная глобальная система определения местоположения
DoC	Declaration of Conformity		Заявление о соответствии
DRL	Dosimetric Reference Limit		Контролируемый дозиметрический предел
DRM	Digital Radio Mondial		Всемирное цифровое радио
EBU	European Broadcasting Union	ЕРС	Европейский радиовещательный союз
ECC	Electronic Communications Committee		Комитет по электронным средствам связи
EDM	Electrical Discharge Machining		Электроискровая обработка
EMC	Electromagnetic Compatibility	ЭМС	Электромагнитная совместимость
EMF	Electromagnetic Fields	ЭМП	Электромагнитные поля
EMI	Electromagnetic Interference		Электромагнитные помехи
ENAP	EN approval procedure		Процедура утверждения европейских норм
ERC	European Radiocommunications Committee		Европейский комитет радиосвязи
ERL	Exposure reference level		Контролируемый уровень воздействия
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	ЕТСИ	Европейский институт стандартизации электросвязи
ETSI TC ERM	ETSI Technical Committee (TC) EMC and Radio Spectrum Matters (ERM)	ТК ВЭР ЕТСИ	Технический комитет (ТК) ЕТСИ по вопросам ЭМС и радиочастотного спектра (ВЭР)
EV	Electric Vehicle	ЭМ	Электромобиль
FCC	Federal Communications Commission (USA)	ФКС	Федеральная комиссия по связи (США)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	МКЗНИ	Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения
IEC	International Electrotechnical Commission	МЭК	Международная электротехническая комиссия
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и электронике

IS	International Standard	МС	Международный стандарт
ISM	Industrial, Scientific, and Medical	ПНМ	Промышленные, научные и медицинские применения
ISO	International Organization for Standardization	ИСО	Международная организация по стандартизации
ITRS	Inductive Train Radio Systems		Системы индукционной поездной радиосвязи
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	МСЭ-R	Сектор радиосвязи МСЭ
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector	МСЭ-T	Сектор стандартизации электросвязи МСЭ
JARI	Japan Automobile Research Institute		Научно-исследовательский институт автомобильной промышленности Японии
JTC	Joint Technical Committee	ОТК	Объединенный технический комитет
KAIST	Korea Advanced Institute of Science and Technology		Корейский институт науки и передовых технологий
KATS	Korean Agency for Technology and Standards		Корейское агентство по технологиям и стандартам
KWPF	Korea Wireless Power Forum		Корейский форум беспроводной передачи энергии
LCC	Inductor(L) Capacitor(C) Capacitor(C) matching topology		Согласующая топология "катушка (L) – конденсатор (C) – конденсатор (C)"
LCD	Liquid Crystal Display	ЖК	Жидкокристаллический дисплей
LDC	Low voltage DC/DC converter		Низковольтный преобразователь постоянного тока в постоянный
LED	Light Emitting Diode		Светоизлучающий диод
LF	Low Frequency	НЧ	Низкая частота
LORAN	Long-Range Navigation		Средства навигации дальнего радиуса действия
MF	Medium Frequency	СЧ	Средняя частота
MF-WPT	Magnetic Field Wireless Power Transmission	МП-БПЭ	Беспроводная передача энергии посредством магнитного поля
MIC	Ministry of Internal Affairs and Communications (Japan)		Министерство внутренних дел и связи (Япония)
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology (China)		Министерство промышленности и информационных технологий (Китай)
MSIT	Ministry of Science and ICT (Korea)		Министерство науки и ИКТ (Корея)
NAVDAT	Navigational Data		Навигационные данные
NAVTEX	Navigation Telex		Международная автоматизированная система оповещения (навигационная телексная связь)

OLEV	OnLine Electric Vehicle	ЭМБЗ	Электромобиль с бесконтактной зарядкой
OOB	Out-of-band		Внеполосный
PAS	Publicly Available Specification	ОС	Общедоступная спецификация
PFC	Power factor correction		Коррекция коэффициента мощности
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	ПГЭМ	Подзаряжаемый гибридный электромобиль
PMA	Power Matters Alliance		Электроэнергетический альянс
PR	Protection Ratio		Защитное отношение
RED	Radio Equipment Directive		Директива по радиооборудованию
RF	Radio Frequency	РЧ	Радиочастота
RFI	Radio Frequency Interference		Радиочастотные помехи
RR	Radio Regulations	РР	Регламент радиосвязи
RRA	National Radio Research Agency (Korea)		Национальное агентство исследований в области радиосвязи (Корея)
SAC	China National Standardization Administration Commission		Комиссия национальной администрации Китая по стандартизации
SAE	Society of Automotive Engineers		Общество автомобильных инженеров
SAR	Specific Absorption Rate		Удельный коэффициент поглощения
SCRD	Standard Clock Radio Device		Радиоустройства, принимающие сигналы точного времени
SDO	Standards Development Organization	ОРС	Организация по разработке стандартов
SMFIR	Shaped Magnetic Field In Resonance		Формирование магнитного поля в резонансе
SMPS	Switched-mode power supply		Импульсный источник питания
SRD	Short Range Device		Устройство малого радиуса действия
TC	Technical Committee	ТК	Технический комитет
TCAM	Telecommunications Conformity Assessment and Market Surveillance Committee		Комитет по оценке соответствия и наблюдению за рынком электросвязи
TELEC	Telecom Engineering Center (Japan)		Технический центр электросвязи (Япония)
TG	Task Group	ЦГ	Целевая группа
TIR	Technical Information Report		Информационный технический отчет
TTA	Telecommunications Technology Association (Korea)		Ассоциация технологий электросвязи (Корея)
WD	Working Document		Рабочий документ
WG	Working Group	РГ	Рабочая группа

WHO	World Health Organization	ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
WPC	Wireless Power Consortium		Консорциум беспроводной электромагнитной энергии
WPS	Wireless Power Supply		Беспроводной источник питания
WPT	Wireless Power Transmission	БПЭ	Беспроводная передача энергии
WPT-WG	Wireless Power Transmission Working Group	РГ-БПЭ	Рабочая группа по беспроводной передаче энергии
WRC	World Radiocommunication Conference	ВКР	Всемирная конференция радиосвязи

1 Введение

В настоящем Отчете представлена информация об использовании беспроводной передачи энергии (БПЭ) на основе технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча, в рамках ответов на Вопрос МСЭ-R 210-4/1.

В настоящем Отчете содержится информация о национальных нормативных базах, но эта информация не имеет международного регуляторного воздействия, а также представлен опыт упомянутых стран. Отчет лишь отражает точку зрения этих стран.

Настоящий Отчет касается диапазонов частот и относящихся к ним потенциальных уровней внеполосных излучений, которые не согласованы в МСЭ-R и требуют дальнейшего изучения с целью установить, обеспечивают ли они требуемую защиту служб радиосвязи на основе критериев работы в совмещенном канале, соседнем канале и соседней полосе. В Отчете приведен обзор существующих НИОКР и работ, проводимых в некоторых регионах.

Технологии, предназначенные для беспроводной передачи электроэнергии, разрабатываются с XIX века, и первой стала технология на основе индукции. После инновационных решений в области технологий беспроводной передачи энергии без использования луча, предложенных в 2006 году Массачусетским технологическим институтом, началась разработка различных технологий беспроводной передачи энергии (БПЭ), например передача с помощью радиочастотного луча, индукции магнитного поля, передача на основе резонанса и т. д. Расширился диапазон применений БПЭ, охватив мобильные и переносные устройства, бытовые приборы и офисное оборудование, а также электромобили. Появились новые возможности, например свобода выбора местоположения зарядного устройства. Некоторые технологии обеспечивают одновременную зарядку нескольких устройств. В настоящее время технологии БПЭ на основе индукции широко доступны на рынке. На потребительский рынок выходят технологии БПЭ на основе резонанса. Автомобильная промышленность рассматривает БПЭ для электромобилей (ЭМ) в качестве будущих применений.

Подходящие для БПЭ частоты, позволяющие обеспечивать требуемый уровень мощности передачи и КПД, приемлемые физические размеры катушки/антенны, в основном определены. Однако в настоящее время тщательно исследуется возможность сосуществования БПЭ с действующими радиосистемами и определяются вопросы, которые следует оперативно решить. В ряде стран и международных организациях, занимающихся вопросами радиосвязи, обсуждаются регламенты радиосвязи, которые необходимы для внедрения технологий БПЭ. Некоторые результаты дискуссий и ведущиеся обсуждения в настоящее время доступны для всеобщего ознакомления.

Важнейшая информация о БПЭ без использования луча содержится в следующих документах:

- Рекомендация МСЭ-R SM.2110 – Руководство по использованию диапазонов частот при работе систем беспроводной передачи энергии для электромобилей (без применения луча);
- Рекомендация МСЭ-R SM.2129 – Руководство по использованию диапазонов частот для работы систем беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств;

- Отчет МСЭ-R SM.2449 – Технические характеристики и анализ воздействия индуктивной беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств в службах радиосвязи;
- Отчет МСЭ-R SM.2451 – Оценка влияния беспроводной передачи энергии для зарядки электромобилей на службы радиосвязи.

2 Применения, разработанные для использования технологий БПЭ

2.1 Переносные и мобильные устройства

2.1.1 БПЭ на основе индукции для мобильных устройств, таких как сотовые телефоны и переносные мультимедийные устройства

В БПЭ на основе индукции применяются индукционные технологии, и такая БПЭ используется для следующих применений:

- мобильные и переносные устройства – сотовые телефоны, смартфоны, планшетные и портативные компьютеры;
- аудиовидеоаппаратура – цифровые фотокамеры;
- производственное оборудование – ручные цифровые инструменты, настольные системы заказа блюд;
- другие – осветительное оборудование (например, светодиоды), роботы, игрушки, устанавливаемые на автомобилях устройства, медицинское оборудование, устройства медицинского назначения и т. д.

Некоторые технологии этого типа могут потребовать точного расположения устройства относительно источника питания. В целом подлежащее зарядке устройство должно контактировать с источником питания как батарейный блок. Принимается, что рабочая мощность излучения находится в диапазоне от нескольких до десятков ватт.

2.1.2 БПЭ на основе резонанса для мобильных устройств, таких как сотовые телефоны и переносные мультимедийные устройства, например смартфоны, планшетные компьютеры, переносные мультимедийные устройства

В БПЭ на основе резонанса используются резонансные технологии и по сравнению с технологией на основе индукции эта технология обеспечивает большую пространственную свободу. Данная технология используется для следующих применений для любой ориентации (x - y и z) без применения методов совмещения:

- сотовые телефоны, смартфоны, планшетные и портативные компьютеры, носимые устройства;
- цифровые фотокамеры, цифровые видеокамеры, музыкальные проигрыватели, переносные ТВ;
- ручные цифровые инструменты, настольные системы заказа блюд, осветительное оборудование (например, светодиоды), роботы, игрушки, устанавливаемые на автомобилях устройства, медицинское оборудование, устройства медицинского назначения и т. д.

В Приложении 2 описан пример технологии БПЭ этого вида.

2.2 Бытовые приборы и логистические применения

Для этих применений могут потребоваться функции и характеристики, аналогичные применению БПЭ для переносных и мультимедийных устройств. Однако в целом они используют более высокую мощность. Следовательно, для этих применений в некоторых странах может потребоваться соответствие дополнительным регламентарным положениям.

Рабочая мощность устройств бытовой электроники (СЕ), например ТВ-приемников с большим экраном, возрастает, поэтому БПЭ для таких продуктов требует более высокой энергии зарядки – более

100 Вт, в результате чего может быть не получена сертификация в текущей регламентарной категории и политике в области радиосвязи ряда стран.

Методы на основе магнитной индукции и магнитного резонанса могут применяться в соответствии с типом бытового или логистического применения БПЭ. Существуют следующие применения:

- применения бытового назначения – домашние электроприборы, инвентарь, варочные аппараты, миксеры, телевизоры, малые роботы, аудиовизуальное оборудование, осветительная аппаратура, устройства медицинского назначения и т. д.;
- применения логистического назначения – накопитель на складе материально-технического обеспечения, медицинское оборудование, воздушные линии электропередачи для линеек продуктов на ЖК и полупроводниковых материалах, система автоматически управляемой тележки (AGV) и т. д.

Ожидается, что рабочая мощность будет находиться в диапазоне от нескольких сотен ватт до нескольких киловатт, что обуславливается энергопотреблением устройств-применений. С учетом излучения РЧ, характеристики системы и сопутствующих факторов пригодной является полоса частот ниже 6780 кГц.

2.2.1 Бытовые приборы

В качестве альтернативы индукционным нагревателям для кухонной техники в настоящее время разрабатываются бытовые приборы с беспроводным питанием, причем некоторые внешние организации по стандартизации планируют выпустить стандарты (например, стандарт Ki v1.0 Консорциума беспроводной электромагнитной энергии¹) для беспроводных кухонных электроприборов. Ряд компаний продемонстрировали прототипы приборов на выставках, но коммерческие продукты пока не доступны. Поскольку бытовые приборы, в которых применяется БПЭ, становятся все более разнообразными, СИСПР и другие организации по разработке стандартов (ОПС) обсуждают методы измерения для оценки ЭМС и ЭМП. На рисунке 1 показаны образцы кухонной техники, оснащенной средствами БПЭ: кухонный комбайн, блендер, рисоварка и т. д. На рисунке 1 представлен стенд с выставки Mini CES, которая проходила в штаб-квартире Exhibit Concepts Inc. в Вандалии, штат Огайо, 9–11 мая 2022 года.

РИСУНОК 1

Выставка прототипов кухонной техники WPC



Report SM.2303-0 1

¹ Информация о Консорциуме беспроводной электромагнитной энергии (WPC) приведена в пункте 4.2, таблица 2.

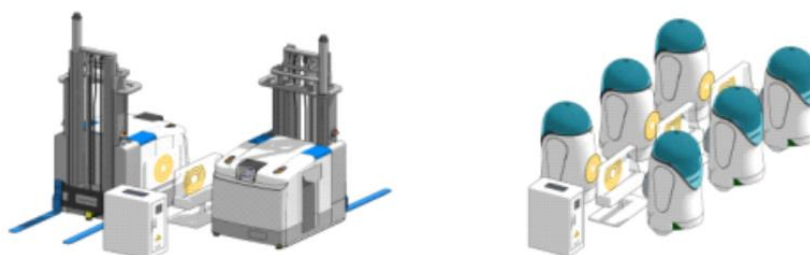
2.2.2 Логистические применения

Роботы и AGV активно используются в сфере логистики, и на крупных складах материально-технического обеспечения задействовано большое количество роботов/AGV. Для их зарядки обычно используются автономные и беспроводные зарядные системы, поскольку человек не может заряжать их вручную по одному.

Мощность зарядки для малых роботов составляет от 200 Вт до 600 Вт, в то время как для крупных производственных роботов и AGV требуется от 1 кВт до 4 кВт. Типичный способ зарядки предполагает размещение передатчика на полу, но в случае, например, заводов или складов материально-технического обеспечения, когда существует риск попадания посторонних веществ внутрь зарядного устройства, обычно используется горизонтальная зарядка. На рисунке 2 представлена концептуальная схема двухстороннего шестикластерного беспроводного зарядного устройства для роботов/AGV, используемого на "умном" предприятии.

РИСУНОК 2

Двухсторонняя шестикластерная конфигурация беспроводной зарядки



Report SM.2303-02

2.3 Электромобиль

Концепция БПЭ для ЭМ, включая подзаряжаемые гибридные электромобили (ПГЭМ), заключается в зарядке автомобиля без использования кабеля электропитания везде, где возможна БПЭ. В автомобиле передаваемая энергия будет использоваться для управления им, питания дополнительных устройств, таких как системы кондиционирования воздуха, и удовлетворения других потребностей. Рассматриваются технологии и применения БПЭ как на стоянке, так и в процессе движения автомобиля.

Системы БПЭ для электромобиля – это зарождающаяся технология, которая обещает ускорение внедрения электромобилей и уменьшение негативного воздействия автомобильных выхлопных газов на окружающую среду. Она находится в стадии разработки, и коммерциализация этой технологии ожидается к 2020 году.

Чтобы уложиться в такие сроки, необходимо одновременно создавать общедоступные зарядные станции. Соответственно за несколько лет до этого (например, к 2018 году) нужно стандартизировать такие системы БПЭ в целях обеспечения совместимости инфраструктуры зарядки с системами, установленными в ЭМ, и между системами разного типа. В Европе в октябре 2014 года Европейская комиссия опубликовала директиву о развертывании инфраструктуры для альтернативных видов топлива (2014/94/EU). Затем, в марте 2015 года, принимая во внимание эту директиву, Комиссия опубликовала имплементирующее решение относительно запроса о стандартизации (M/533), адресованного европейским организациям по стандартизации, в котором им предлагается разработать проекты европейских стандартов по инфраструктуре для альтернативных видов топлива. В этом документе перечисляются почти 20 объектов стандартизации, включая электропитание, подачу водорода и подачу природного газа. Первой в списке значится стандартизация систем БПЭ для ЭМ. В данном документе CENELEC предлагается в срок до 31 декабря 2019 года опубликовать европейский стандарт, содержащий технические спецификации единого решения для беспроводной зарядки легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности, который был бы совместим со спецификацией IEC 61980-3.

Энергия зарядки может зависеть от требований пользователя.

Для личных легковых (пассажирских) автомобилей в большинстве сценариев предлагается значение 3,3 кВт, 7,7 кВт или 11 кВт. Однако в случае пассажирских автомобилей общественного назначения некоторые пользователи могут пожелать произвести зарядку быстрее или их автомобиль может потребовать для конкретных целей больше энергии. В настоящее время для пассажирского транспорта рассматривается также величина 22 кВт и диапазон более высоких значений энергии.

В сценариях использования для тяжелых автомобилей в качестве начальной может потребоваться величина, эквивалентная 75 кВт энергии зарядки. Рассматривается также величина 100 кВт и диапазон более высоких значений энергии.

Осуществление проектов стандартизации систем БПЭ началось уже несколько лет назад. МЭК/ТК69/РГ7 разрабатывает серию стандартов IEC 61980, которая охватывает требования к оборудованию системы питания, а ИСО/ТК22/ПК37/JPT19363 в тесном сотрудничестве с ней разрабатывает стандарт ISO 19363, охватывающий требования к ЭМ. График разработки представлен в нижеследующей таблице.

Номер	Название	Статус публикации	Дата публикации
IEC 61980-1	Системы беспроводной передачи энергии (БПЭ) для электромобилей – Часть 1. Общие требования	2-я ред. МС	19.11.2020 г.
IEC 61980-2	Системы беспроводной передачи энергии (БПЭ) для электромобилей – Часть 2. Конкретные требования к связи между электромобилем (ЭМ) и инфраструктурой в отношении систем беспроводной передачи энергии (БПЭ)	1-я ред. окончательного проекта МС	Предполагается в 2022/2023 гг. (1-я ред. МС)
IEC 61980-3	Системы беспроводной передачи энергии (БПЭ) для электромобилей – Часть 3. Конкретные требования к системам беспроводной передачи энергии посредством магнитного поля	1-я ред. окончательного проекта МС	Предполагается в 2022/2023 гг. (1-я ред. МС)
ISO 19363	Дорожные транспортные средства с электроприводом – Беспроводная передача энергии посредством магнитного поля	1-я ред. МС	апрель 2020 г.

Что касается частоты, на которой будут работать системы БПЭ для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности, то оценивалось несколько потенциальных полос частот с учетом таких параметров, как трудность соблюдения требований ЭМС и ЭМП, размещение на транспортном средстве, масса и объем, сравнительная стоимость силовой электроники и т. д. В результате в отрасли было установлено, что наиболее подходящим выбором для этих применений является полоса 79–90 кГц (так называемый диапазон 85 кГц).

В стандартах IEC 61980-3 и ISO 19363, в которых конкретно рассматриваются системы беспроводной передачи энергии посредством магнитного поля (МП-БПЭ), диапазон 85 кГц определен в качестве полосы частот для МП-БПЭ до 11,1 кВт.

3 Технологии, используемые в применениях БПЭ или связанные с ними

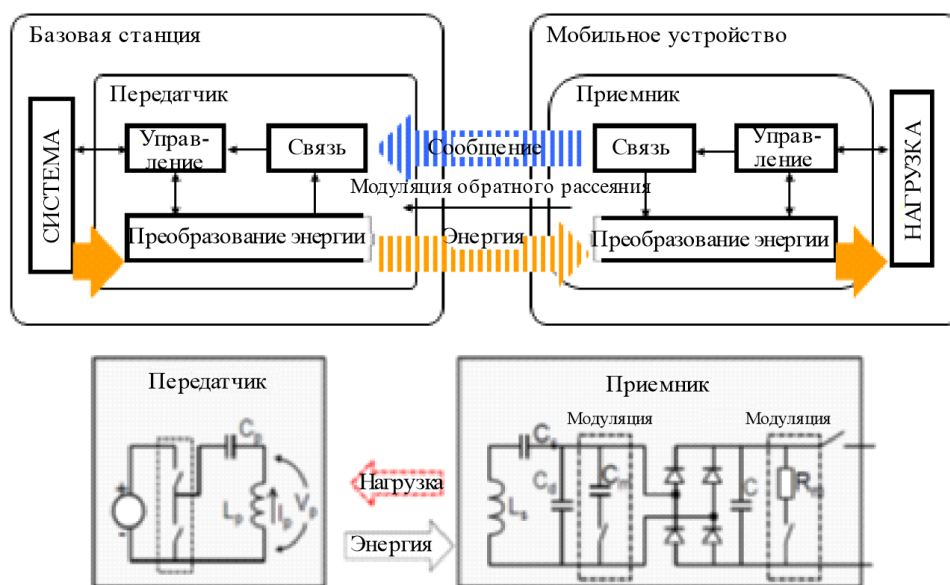
3.1 Для портативных и мобильных устройств

3.1.1 Технология БПЭ на основе магнитной индукции

БПЭ на основе магнитной индукции – это широко известная технология, которая издавна применяется в трансформаторах, где первичная и вторичная катушки индукционно связаны, например благодаря использованию общего магнитного проницаемого сердечника. Передача энергии на основе индукции по воздуху с физически разделенными первичной и вторичной катушками также является технологией, известной на протяжении более ста лет, и называется БПЭ с сильной связью. Особенность этой технологии заключается в том, что эффективность передачи энергии падает, если воздушный зазор превышает диаметр катушки и если катушки не выровнены в пределах расстояния смещения. Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи (k) между индукторами и их качества (Q). Эта технология может обеспечить более высокую эффективность по сравнению с методом на основе магнитного резонанса. Данная технология была выведена на рынок для зарядки смартфонов. При наличии решетки катушек данная технология обеспечивает также гибкость местоположения катушки приемника относительно передатчика.

РИСУНОК 3

Пример блок-схемы системы БПЭ на основе магнитной индукции



Report SM.2303-03

3.1.1.1 Система Qi

Передача энергии основана на магнитной индукции ближнего поля между катушками. Устройства обычно работают в диапазоне менее 2 мм. Для достижения высокой эффективности передачи энергии $> 90\%$ эти устройства создают высокую напряженность магнитного поля вблизи катушки передатчика. Поскольку такие устройства не предназначены для создания преднамеренного излучаемого электрического поля, катушки передатчиков Q_i являются крайне неэффективными передатчиками электрических полей и имеют типовую эффективную излучаемую мощность 2,9 мкВт.

Для инициирования, регулирования и прекращения передачи энергии используется простая система управления. В целях обеспечения безопасности предусмотрена функция обнаружения посторонних предметов.

Приемник энергии (PRx) находится внутри мобильного устройства, которое помещается на передатчик энергии (PTx), как показано на рисунке 4.

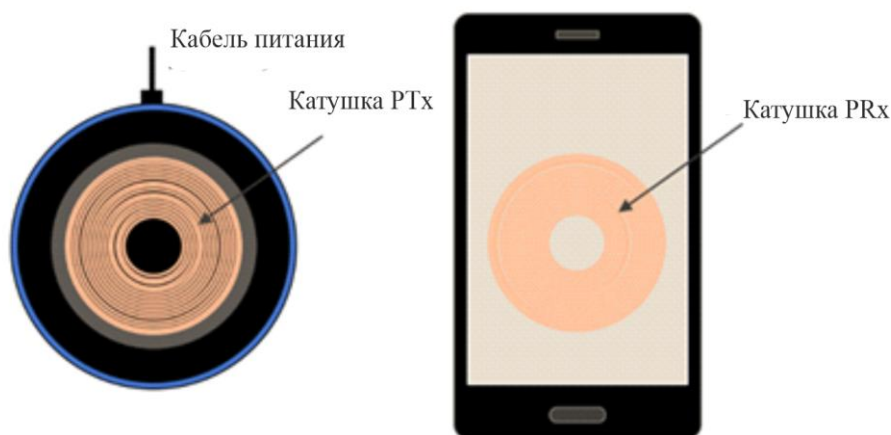
РИСУНОК 4

Беспроводной смартфон на зарядной панели

Report SM.2303-04

PTx и PRx содержат катушки, как показано на концептуальной схеме на рисунке 5, а также схему, обеспечивающую связь и передачу энергии между ними.

РИСУНОК 5

Катушки в зарядном устройстве и в смартфоне

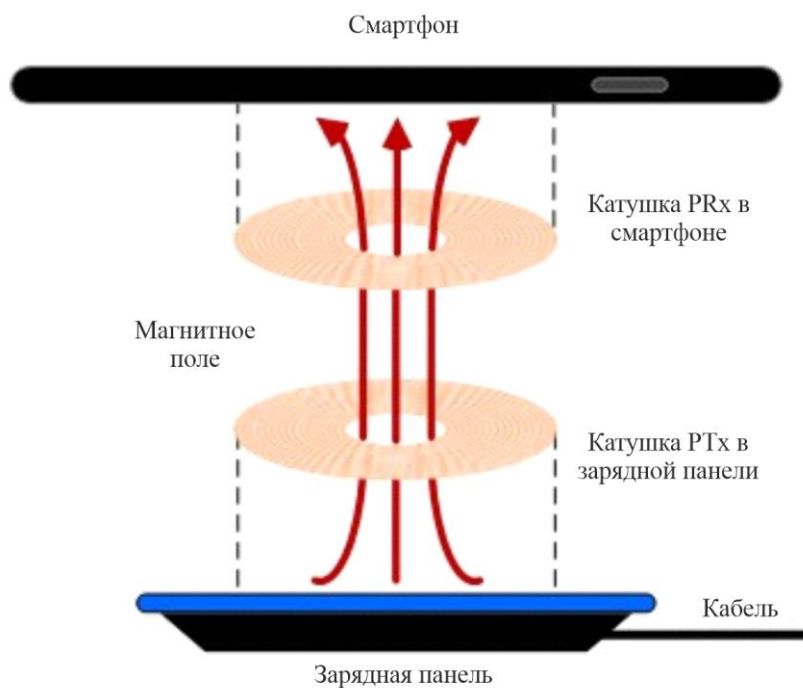
Report SM.2303-05

В системе, показанной на рисунке 5, энергия передается от PTx, находящегося в зарядной панели, к PRx, находящийся в смартфоне. Перед началом зарядки PRx и PTx обмениваются данными друг с другом, чтобы определить совместимость мобильного устройства, возможность и необходимость его зарядки, требуемую мощность и т. д. Иными словами, этот обмен данными обеспечивает надлежащую передачу энергии от передатчика энергии к приемнику энергии.

В момент начала зарядки передатчик энергии пропускает через свою катушку переменный электрический ток, который создает переменное магнитное поле в соответствии с законом Фарадея (см. рисунок 6). Это магнитное поле, в свою очередь, улавливается катушкой внутри приемника энергии и преобразуется с помощью преобразователя энергии обратно в переменный электрический ток, который после выпрямления может быть использован для зарядки аккумулятора.

РИСУНОК 6

Беспроводная передача энергии Qi с использованием магнитной индукции



Report SM.2303-06

3.1.2 Технология БПЭ на основе магнитного резонанса

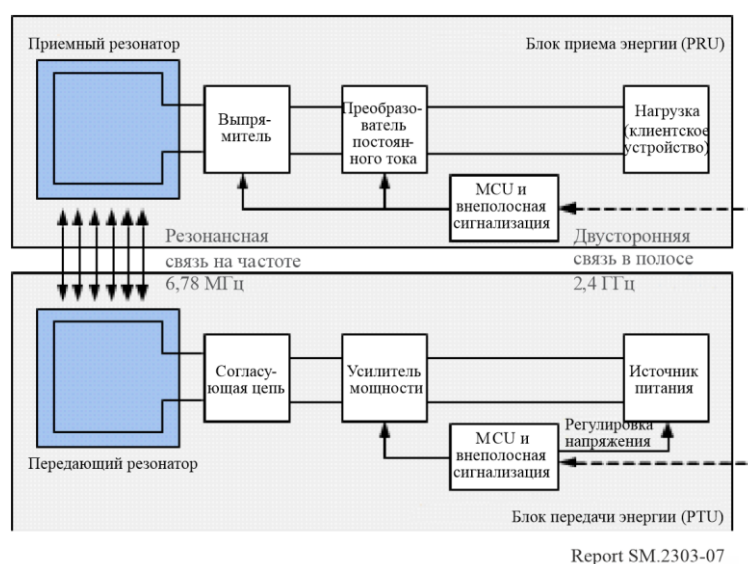
БПЭ на основе магнитного резонанса называется также БПЭ со слабой связью. Теоретическая основа данного метода на основе магнитного резонанса была впервые разработана в 2005 году в Массачусетском технологическом институте, и эти теории были экспериментально подтверждены в 2007 году². В этом методе используются катушка и конденсатор в качестве резонатора, передающего электрическую энергию в момент электромагнитного резонанса между катушкой передатчика и катушкой приемника (связь по магнитному резонансу). При согласовании частоты резонанса обеих катушек с высоким коэффициентом Q электроэнергия может передаваться на большое расстояние при слабой связи между катушками. Используя БПЭ на основе магнитного резонанса, можно осуществлять передачу электроэнергии на расстояние до нескольких метров.

Эта технология обеспечивает также гибкость размещения катушки приемника относительно катушки передатчика. Практические технические подробности освещены в различных технических документах, например, http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html и <http://www.rezence.com/>.

² http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html

РИСУНОК 7

Пример блок-схемы системы БПЭ на основе магнитного резонанса



Report SM.2303-07

3.1.2.1 Переносные и мобильные устройства БПЭ в полосе частот 13,553–13,567 МГц

"Умные" очки – это один из видов "умных" носимых устройств, которые обычно оснащены независимой операционной системой и функцией "умного" звука. Кроме того, "умные" очки можно заряжать с помощью технологии беспроводной зарядки. Один из видов "умных" очков³ показан на рисунке 8. В них реализована технология беспроводной зарядки на частоте 13,56 МГц, в которой для управления передачей энергии используется канал связи NFC. Как показано на рисунке 9, беспроводная зарядка умных очков осуществляется с помощью футляра для очков: футляр для очков служит передатчиком, а умные очки – приемником энергии, передаваемой с помощью технологии беспроводной зарядки NFC. Передающая катушка расположена на боковой стороне футляра для очков, а приемная – внутри дужек очков. При помещении очков в футляр две катушки оказываются рядом друг с другом, и устанавливается магнитная связь. Передатчик излучает переменное магнитное поле частотой 13,56 МГц. Поток магнитного поля индуцирует переменное напряжение на приемной катушке, которое после выпрямления можно использовать для питания аккумулятора, находящегося в дужках очков. Общая мощность зарядки дужек очков составляет менее 1 Вт, а устройства могут работать на расстоянии менее 1 см.

РИСУНОК 8

Один из видов "умных" очков



Report SM.2303-08

³ Подробную информацию об этих "умных" очках можно найти по следующей ссылке:
<https://www.vmall.com/product/10086622420520.html>

РИСУНОК 9

Передачик и приемник "умных" очков



Report SM.2303-09

За счет использования магнитных полей в технологии связи NFC для передачи энергии без дополнительного электромагнитного излучения технология беспроводной зарядки на частоте 13,56 МГц позволяет устройствам NFC поддерживать высокочастотную беспроводную зарядку с незначительными изменениями.

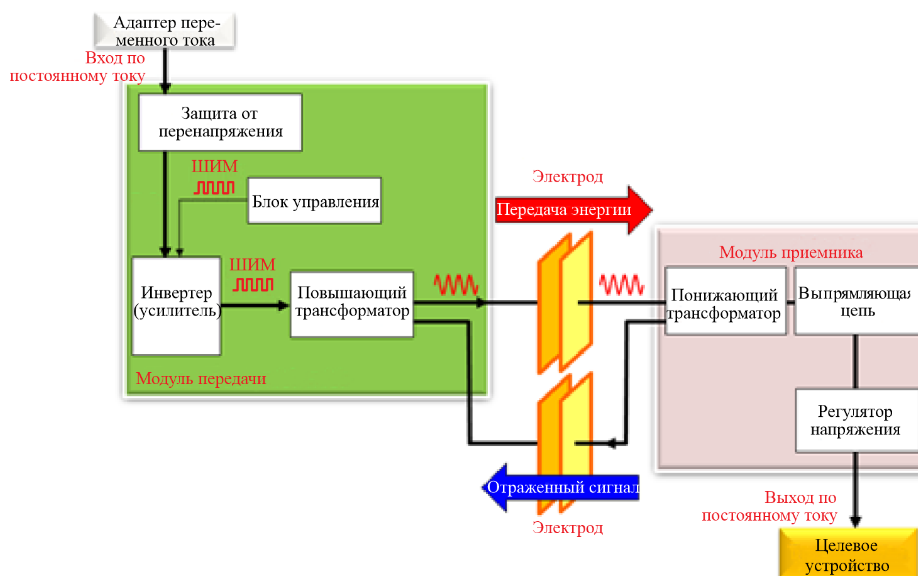
3.1.3 БПЭ на основе емкостной связи

Система БПЭ на основе емкостной связи имеет в своем составе два набора электродов, и в ней не используются катушки, как в системах БПЭ магнитного типа. Энергия передается через поле индукции, создаваемое связью двух наборов электродов. Система на основе емкостной связи обладает следующими преимуществами. На рисунках 10 и 11 приведены соответственно блок-схема системы и ее типовая структура.

- 1) Система на основе емкостной связи обеспечивает свободу горизонтального положения с простой в использовании системой зарядки для конечных потребителей.
- 2) В системе между передатчиком и приемником может использоваться очень тонкий (менее 0,2 мм) электрод, что делает возможным интеграцию в тонкие мобильные устройства.
- 3) В зоне беспроводной передачи энергии не происходит нагрева. Это означает, что в зоне беспроводной передачи энергии температура не поднимается, то есть аккумулятор защищен от нагрева, даже если устройство размещено поблизости.
- 4) Уровень излучения электрического поля низкий благодаря структуре системы связи. Электрическое поле создается электродами для передачи энергии.

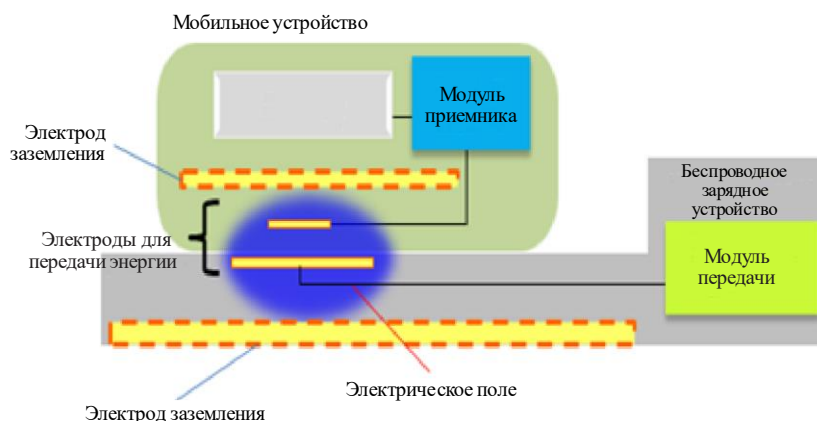
РИСУНОК 10

Блок-схема системы БПЭ на основе емкостной связи



Report SM.2303-10

РИСУНОК 11

Типовая структура системы на основе емкостной связи

Report SM.2303- 11

3.2 Для бытовых приборов

Индукционные источники питания (передатчики) могут быть отдельными устройствами или встраиваться в кухонные столешницы или обеденные столы. В этих передатчиках может сочетаться БПЭ к прибору с традиционным индукционным нагревом.

Для бытового применения уровень мощности, как правило, составляет величину до нескольких киловатт, нагрузка может быть с электроприводом или нагревательного типа. Будущие продукты будут поддерживать мощность более 2 кВт, и в настоящее время исследуются новые проектные предложения для беспроводных кухонных приборов.

Учитывая использование высокой мощности в быту, предпочтительными являются частоты порядка десятков кГц.

Как правило, используются высоконадежные устройства, такие как биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ), и эти устройства работают в диапазоне частот 10–100 кГц.

Изделие, применяемое на кухне, должно отвечать требованиям по безопасности и уровням электромагнитных полей (ЭМП). И основной вопрос заключается в том, что передатчик должен быть легким и небольшим по размеру, пригодным для размещения на кухне, наряду с тем, что он должен быть недорогим. Расстояние между передатчиком и приемником, как предполагается, будет меньше 10 см.

На рисунках 12 и 13 показаны примеры беспроводных кухонных электроприборов, которые вскоре появятся на рынке.

РИСУНОК 12

Беспроводные кухонные электроприборы

Миксер с сильной связью



Рисоварка с сильной связью

Report SM.2303-12

Системы БПЭ уже интегрируются в линейки продуктов, оснащенных панелями на полупроводниках и ЖК, примеры которых показаны на нижеследующих рисунках.

РИСУНОК 13

Варианты использования для линеек продуктов с панелями на полупроводниках и ЖК и кухонных систем БПЭ



Report SM.2303-13

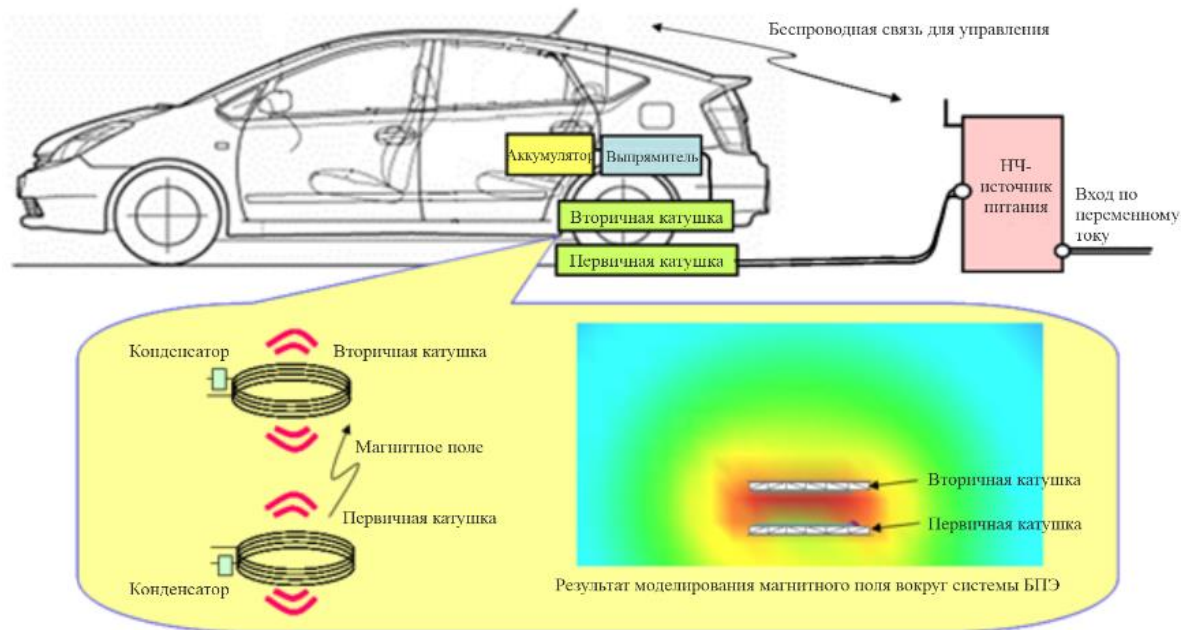
3.3 Для электромобилей

Беспроводная передача энергии посредством магнитного поля (МП-БПЭ) является одним из главных вопросов в группах по стандартизации, таких как МЭК/ТК69/РГ7 и SAE J2954TF, касающихся БПЭ для ЭМ, включая ПГЭМ, хотя существует несколько типов методов БПЭ. МП-БПЭ для ЭМ и ПГЭМ включают и индукционный и магнитно-резонансный типы. Электроэнергия может эффективно передаваться от первичной на вторичную катушку с помощью магнитного поля, используя резонанс между катушкой и конденсатором.

Для ожидаемых применений пассажирских автомобилей принимаются следующие аспекты.

- 1) Применение БПЭ – передача электроэнергии от электрической розетки в жилом помещении и/или от общественного источника электроэнергии на ЭМ и ПГЭМ.
- 2) Место использования БПЭ – в жилых домах, многоквартирных домах, на общественных стоянках и т. д.
- 3) Использование электричества в автомобилях – все электрооборудование, такое как аккумуляторы, компьютеры, воздушные кондиционеры и т. д.
- 4) Примеры места использования БПЭ – пример для пассажирских автомобилей представлен на рисунке 14.
- 5) Метод БПЭ – система БПЭ для ЭМ/ПГЭМ имеет в своем составе не менее двух катушек. Одна является первичным устройством, другая – вторичным устройством. Электроэнергия передается от первичного на вторичное устройство с помощью магнитного потока/поля.
- 6) Местоположения устройства (местоположение катушки):
 - а) первичное устройство – на земле/в углублении на земле;
 - б) вторичное устройство – нижняя поверхность автомобиля.
- 7) Воздушный зазор между первичной и вторичной катушками – менее 30 см.
- 8) Пример класса мощности передачи – 3 кВт, 6 кВт и 20 кВт.
- 9) Безопасность – первичное устройство может начинать передачу энергии, только если вторичное устройство расположено в надлежащей для БПЭ зоне. Первичное устройство должно прекратить передачу, если сложно поддерживать безопасность передачи.

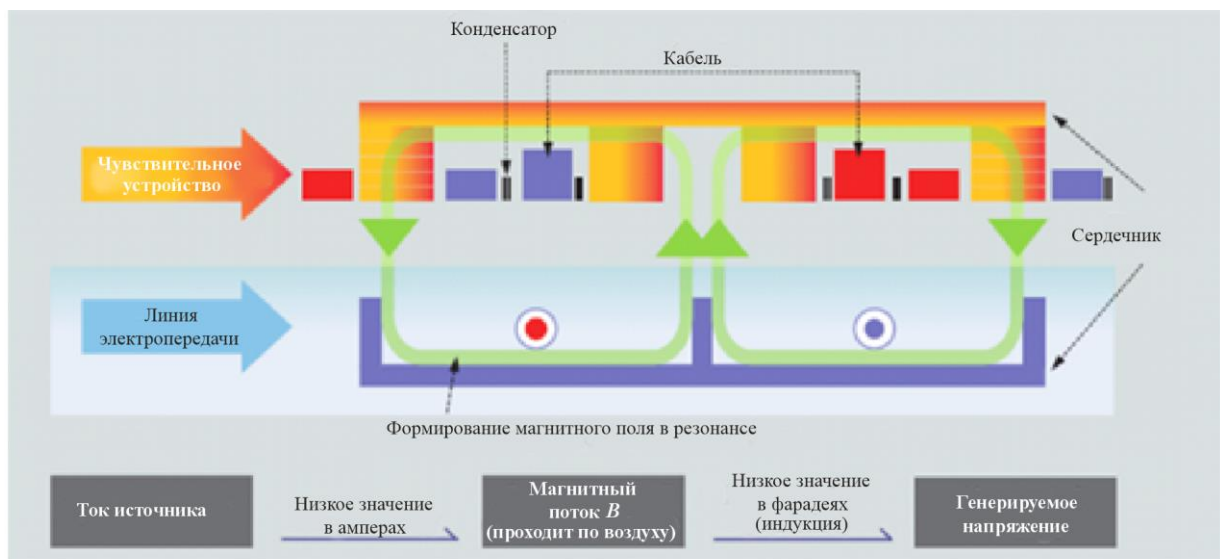
РИСУНОК 14
Пример системы БПЭ для ЭМ/ПГЭМ



Report SM.2303-14

Для вождения большегрузных автомобилей, таких как электробусы, инфраструктура системы должна быть встроена в пластины из полосовой электротехнической стали в дорожном полотне, которые передают с помощью магнитного поля энергию на вышеуказанные автомобили, питаемые от аккумуляторной батареи. Такой автобус может перемещаться по электротехническим пластинам, не делая остановок для зарядки энергией, и он называется электромобилем с бесконтактной зарядкой (ЭМБЗ). Кроме того, автобус может заряжаться в неподвижном положении на автобусной остановке или в автобусном парке. Автобус с бесконтактной зарядкой в парке отдыха или в городе является первой в мире системой, в которой ЭМ работает в качестве большегрузного транспортного средства.

РИСУНОК 15
Технические характеристики электромобиля с бесконтактной зарядкой



Report SM.2303-15

Ключевым для системы БПЭ в аспекте увеличения мощности и эффективности является конструирование магнитного поля от передающей к приемной катушке.

Во-первых, для обеспечения высокой мощности и эффективности магнитное поле должно быть в резонансе, который получается путем использования резонансных передающей и приемной катушек.

Во-вторых, следует контролировать форму магнитного поля, используя для этого магнитный материал, такой как ферритовые сердечники, с тем чтобы обеспечить минимальный магнитный резонанс на пути магнитного поля для уменьшения утечки магнитного поля и достижения более высокой мощности передачи.

Эта технология называется формирование магнитного поля в резонансе – SMFIR (shaped magnetic field in resonance).

РИСУНОК 16

Пример электромобиля с бесконтактной зарядкой



Report SM.2303-16

3.4 Для роботов и AGV

3.4.1 Технология односторонней беспроводной зарядки мощностью 3,3 кВт с приемопередающей катушкой

В среде передачи мощности класса 3,3 кВт для беспроводной зарядки роботов разработана многоуровневая передающая/приемная катушка, как показано на рисунке 17, с учетом размера устанавливаемой катушки и расстояния между передающей/приемной катушками. Кроме того, потери энергии и выделение тепла катушкой могут быть минимизированы за счет конструктивного исполнения заземляющего проводника.

РИСУНОК 17

Пример двухуровневой структуры передающей/приемной катушки



Report SM.2303-17

Была изучена топология катушки для кластерной беспроводной зарядки шести приемников. В настоящее время в передающей катушке используется конструкция без феррита, что позволяет осуществлять беспроводную зарядку одновременно в обоих направлениях от одной передающей катушки. Кроме того, для уменьшения влияния соседних приемных катушек разработаны приемная катушка и ферритовая конструкция, способные увеличивать направленность магнитного поля. В результате для одновременной беспроводной зарядки шести устройств используются три передающие и шесть приемных катушек.

3.4.2 Технология односторонней беспроводной зарядки мощностью класса 3,3 кВт с приемопередающим модулем

В целях оптимизации и обеспечения максимальной эффективности передающего/приемного модуля для беспроводной зарядки мощностью класса 3,3 кВт было использовано стабильное питание через блок питания постоянного тока (например, импульсный источник питания (SMPS)) со встроенной функцией защиты каналов. Для этого был использован SMPS класса 4 кВт с двухтранзисторной топологией PFC (коррекция коэффициента мощности) без мостового выпрямителя, которая может обеспечить максимальную эффективность за счет минимизации потерь внутренних элементов (индуктора, диода и т. д.) в существующей конструкции. Для уменьшения общего размера системы и упрощения конструкции теплоотвода желательно использовать конструкцию с естественным рассеянием тепла.

При использовании передающего модуля класса 3,3 кВт в полосе 79–90 кГц эффективность передачи энергии достигает максимума, а выделение тепла сводится к минимуму благодаря применению согласующей конструкции LCC (индуктор-конденсатор-конденсатор) с малыми потерями и двойного полевого МОП-транзистора. Кроме того, в модуль встроена функция регулирования мощности передачи с помощью связи Wi-Fi с приемным модулем.

Для зарядки аккумулятора класса 100 В использовался приемный модуль со схемой выпрямителя, оснащенной диодом класса 400 В и переключателем на базе полевого МОП-транзистора для автоматического управления включением/выключением зарядки. Для зарядки постоянным током в приемном модуле также использовалась согласующая конструкция LCC с малыми потерями.

Ожидается изготовление высокоэффективного низковольтного преобразователя постоянного тока в постоянный (LDC), который будет преобразовывать напряжение аккумуляторной батареи (класс 100 В) в подходящий источник питания (напряжение постоянного тока 25 В) для транспортного робота.

Для зарядки прототипов роботов использовалась полоса частот БПЭ-ЭМ (79–90 кГц). В 2022 году Научно-исследовательский институт электроники и электросвязи (ETRI), Республика Корея, разработал робота для беспроводной зарядки мощностью 1 кВт; эффективность передачи постоянного тока в постоянный составила более 90%, при этом робот удовлетворял требованиям корейских

стандартов ЭМС/ЭМП при расстоянии между передатчиком и приемником 7 см. С 2022 года ETRI занимается разработкой устройства для беспроводной зарядки нескольких приборов мощностью 3,3 кВт, предназначенного для роботов и AGV. Целью разработки технологии является создание двухстороннего зарядного устройства для AGV, которое может одновременно заряжать два приемника мощностью 1,75 кВт каждый с помощью одной передающей катушки, и кластерного беспроводного зарядного устройства, которое может одновременно заряжать шесть роботов с принимаемой мощностью 600 Вт. Планируется, что каждое зарядное устройство будет иметь эффективность преобразования переменного/постоянного тока выше 86% при расстоянии между передатчиком и приемником 5 см.

4 Состояние стандартизации БПЭ в мире

4.1 Национальные организации по разработке стандартов

Опыт, описанный в следующих разделах, представлен исключительно для информации и лишь отражает точку зрения указанных в них стран.

4.1.1 Китай

В Китае CCSA (Китайская ассоциация по стандартам в области связи) занимается изучением стандартов БПЭ для переносных устройств. CCSA были подготовлены и другие отчеты, такие как "Исследование вопросов, связанных с системами беспроводной зарядки малой мощности", "Исследование частот, используемых для беспроводной зарядки, и вопросов управления беспроводной зарядкой: низкочастотные мобильные устройства малой мощности", "Исследование РЧ-спецификаций и соответствующих нормативных положений, применимых к мобильным и переносным устройствам БПЭ".

В 2015 году была создана национальная ОРС, занимающаяся вопросами автомобильной отрасли, и ею были разработаны три национальных стандарта под руководством Китайского центра автотранспортных технологий и исследований (CATARC). С 2017 года национальная ОРС, занимающаяся вопросами энергетической отрасли, под руководством Китайского совета по электроэнергетике (SEC) разработала соответствующие национальные стандарты для БПЭ-ЭМ. В таблице ниже приведен национальный стандарт, относящийся к БПЭ-ЭМ.

Номер	Название	Дата публикации
GB/T 37132	Общие требования и методы тестирования электромагнитной совместимости для оборудования беспроводной передачи энергии	28.12.2018 г.

4.1.2 Япония

Рабочая группа по БПЭ Форума по широкополосной беспроводной связи Японии (BWF) занимается составлением проектов технических стандартов БПЭ с использованием проектов протоколов Ассоциации промышленных и коммерческих предприятий в области радиосвязи (ARIB). Набор проектов стандартов, разработанный BWF, направлен ARIB на утверждение. BWF провел углубленное техническое исследование спектра БПЭ для всех применений и технологий. В 2015 году ARIB утвердила в качестве японских стандартов следующие технологии БПЭ.

ARIB STD-T113 V1.1 Системы беспроводной передачи энергии

- Часть 1. Системы беспроводной передачи энергии на основе емкостной связи с использованием частоты 400 кГц
- Часть 2. Системы беспроводной передачи энергии для мобильных устройств на основе магнитной связи с использованием частоты 6,78 МГц
- Часть 3. Системы беспроводной передачи энергии для мобильных устройств на основе поверхностной связи с использованием микроволнового электромагнитного поля

Наряду с разработкой и оценкой спецификаций радиоволн для передачи энергии рассматриваются также механизмы передачи сигнализации управления. Если предусматривается выход на глобальный рынок, тщательно изучается вопрос глобального согласования спектра.

В июне 2013 года для цели Министерства внутренних дел и связи (MIC) по руководству разработкой новых нормативных актов для БПЭ в рамках Подкомитета MIC по электромагнитному излучению для использования радиоволн была создана рабочая группа по беспроводной передаче энергии (РГ-БПЭ). Основными задачами РГ-БПЭ являются исследования полос частот для БПЭ и сосуществование БПЭ с действующими системами. С учетом результатов работы РГ Совет MIC по информации и связи утвердил отчет по регламентации БПЭ, который был опубликован в 2015 году. Более подробная информация представлена в главе 6. В ARIB STD-T113 указаны новые правила установления соответствия.

4.1.3 Корея

Министерство науки и ИКТ (MSIT), и его Национальное агентство исследований в области радиосвязи (RRA) являются государственными учреждениями, ответственными за регулирования БПЭ в Корее. Основные организации по стандартизации, разрабатывающие стандарты для БПЭ, указаны в таблице 1.

В 2022 году были разработаны два стандарта: ТТАК.КО-06.0578 "Требования и эталонная модель визуального обнаружения инородных материалов и биометрического распознавания при беспроводной передаче энергии в роботах и AGV" – стандарт, регулирующий обнаружение инородных материалов применительно к роботам и AGV, и ТТАК.КО-06.0579 "Технические спецификации приемопередатчика для беспроводной передачи энергии на мобильных устройствах мощностью до нескольких сотен ватт. Часть 1: Электровелосипеды" – стандарт, регулирующий электровелосипеды. В настоящее время также ведется разработка стандарта по методам измерения для стандартов, регулирующих воздействие электронных волн на человека: KS С 3380 "Метод измерения уровня воздействия на человека низкочастотных магнитных полей, создаваемых электромобилями и зарядными системами".

ТАБЛИЦА 1

Работа по стандартизации в Корее

Наименование	URL	Состояние
KATS	http://www.kats.go.kr/en_kats/	Продолжается – Управление зарядкой нескольких устройств
KWPF	http://www.kwpf.org	Продолжается – Спектр, относящийся к БПЭ – Регулирование, относящееся к БПЭ – БПЭ на основе магнитного резонанса – БПЭ на основе магнитной индукции Завершено – Сценарии использования – Сценарии обслуживания – Функциональные требования – Связь в пределах полосы для БПЭ – Контроль в целях управления БПЭ

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Наименование	URL	Состояние
ТТА	http://www.tta.or.kr/English/index.jsp	Завершено – Сценарии использования – Сценарии обслуживания – Эффективность – Оценка – Связь в пределах полосы для БПЭ – Контроль в целях управления БПЭ Продолжается – БПЭ на основе магнитного резонанса – БПЭ на основе магнитной индукции

4.2 Международные и региональные организации

В таблице 2 для информации представлены некоторые международные и региональные организации, занимающиеся стандартизацией БПЭ, и их соответствующая деятельность.

ТАБЛИЦА 2

Международные и региональные организации, занимающиеся вопросами БПЭ

Наименование организации	Деятельность
АТСЭ (Азиатско-Тихоокеанское сообщество электросвязи)	В феврале 2016 года Группа АТСЭ по беспроводной связи (AWG) приступила к исследованиям в целях подготовки Рекомендации АТСЭ по диапазонам частот для БПЭ без использования луча для мобильных устройств. AWG приступила к разработке отчета АТСЭ по диапазонам частот, предназначенным для БПЭ без использования луча для электромобилей, который планируется завершить в сентябре 2017 года, и на своем 20-м собрании (сентябрь 2016 года) согласовала его первоначальную структуру. Кроме того, AWG намерена провести исследования для предоставления информации и необходимой поддержки членам АТСЭ в ходе их подготовки к ВКР-19 по пункту повестки дня 9.1, вопрос 9.1.6. В дополнение к вышеуказанным мероприятиям в 2017 году был завершен рабочий документ "Новый отчет АТСЭ по услугам и применениям технологии беспроводной передачи энергии (БПЭ)" с добавлением широкого спектра информации и результатов исследований
ИК13 МСЭ-Т	В рамках Вопроса 1/13 МСЭ-Т разрабатывается Добавление Y WPT "Услуги с применением беспроводной передачи энергии", охватывающее следующие темы: – определение понятия "услуга с применением БПЭ"; – модель услуг с применением БПЭ; – сценарии использования услуг с применением БПЭ. В МСЭ-Т Y.WPT описаны различные сценарии предоставления услуг с использованием технологии БПЭ для создания структуры услуг, включающей аутентификацию пользователя/устройства, управление услугами, учет, обеспечение безопасности и т. д. Основная цель – определить структуру для предоставления услуг БПЭ

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Наименование организации	Деятельность
СИСПр (Международный специальный комитет по радиопомехам)	Обсуждением вопросов БПЭ занимается ПК-В СИСПр (помехи, относящиеся к радиочастотной ПНМ-аппаратуре и к воздушным линиям электропередачи, и т. д.). БПЭ рассматривают и другие ПК: D (электрическое/электронное оборудование на транспортных средствах), F (бытовая техника, осветительное оборудование и т. д.) и I (оборудование информационных технологий, мультимедийное оборудование и радиоприемники). ПК-F рассмотрел применение технологии БПЭ без использования луча в кухонных приборах и/или инструментах с батарейным питанием и пришел к выводу, что технология передачи энергии, используемая в этих устройствах, аналогична технологии, используемой в индукционных устройствах для приготовления пищи. Поэтому ПК-F решил объединить БПЭ для бытовой техники с индукционными устройствами для приготовления пищи и использовать более широкое понятие "оборудование с индукционной передачей энергии (IPT)". Для значений пределов излучений, установленных для оборудования IPT, были взяты за основу значения, установленные для индукционных устройств для приготовления пищи. Издание 7.0 СИСПр 14-1 было опубликовано в 2020 году.
TK100 МЭК	Группа МЭК/TK100/TA15 разрабатывает международные публикации по беспроводной передаче энергии (БПЭ) для мультимедийных систем и оборудования, а также по совместимости между функциями передачи и приема ПЭ. МЭК опубликовала один стандарт беспроводной передачи энергии (IEC PAS 63095 Ed1) и готовит к публикации второй (IEC 63028 Ed1). IEC PAS 63095 определяет использование частот в диапазоне 87–205 кГц, а IEC 63028 – использование частоты 6,78 МГц. МЭК TK100/TA15 рекомендует МСЭ поддержать подходящий согласованный частотный диапазон для БПЭ, полностью соответствующий этим двум стандартам МЭК
TK106 МЭК	– Созданы новые рабочие группы – РГ 8 "Рассмотрение методов оценки контактного тока с точки зрения воздействия электрических, магнитных и электромагнитных полей на человека" и РГ9 в отношении БПЭ. – "Рассмотрение методов оценки беспроводной передачи энергии (БПЭ) с точки зрения воздействия электрических, магнитных и электромагнитных полей на человека"
IEC 61980 (МЭК/TK69/РГ7)	РГ7 МЭК/TK69 (электромобили и грузовые электрокары) совместно с ИСО/TK22 (автомобили) обсуждает БПЭ для транспортных средств. – IEC 61980-1. Общие требования (опубликовано в июле 2015 года). – IEC 61980-2. Связь (в стадии разработки). – IEC 61980-3. Передача энергии посредством магнитного поля (в стадии разработки). В IEC 61980-3 диапазон 85 кГц (81,39–90 кГц) будет определен как частота системы для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности. К концу 2017 года планируется издание ТС (технических спецификаций) IEC 61980-3 и IEC 61980-2. Кроме того, к концу 2018 года ожидается публикация 2-го издания IEC 61980-1
ISO 19363 (ИСО/TK22/ ПК37/JPT19363)	ISO 19363: Беспроводная передача энергии посредством магнитного поля – Требования по безопасности и функциональной совместимости: – JPT19363 создан в начале 2014 года; – предназначен для разработки стандарта, в котором устанавливаются требования к боковым частям автомобиля; – тесная синхронизация с IEC 61980 и SAE J2954. Диапазон 85 кГц (81,39–90 кГц) определен как частота системы для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности. ОС (общедоступная спецификация) была опубликована в январе 2017 года, а затем последует обновление МС (международного стандарта) к концу 2018 года

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Наименование организации	Деятельность
ОТК1/ПК6 ИСО/МЭК	ОТК1/ПК6 ИСО/МЭК разрабатывает внутриволосный протокол уровней РНУ и МАС БПЭ: – направление работы утверждено в январе 2012 года – распространяется вместе с рабочим документом (WD)
ТК ВЭР ЕТСИ	– ТК ВЭР ЕТСИ опубликовал технический отчет (TR 103 409), озаглавленный "Системный справочный документ (SRdoc); "Системы беспроводной передачи энергии (БПЭ) для электромобилей (ЭМ), работающие в полосе частот 79–90 кГц". После рассмотрения ЕСС СЕПТ документа SRdoc был опубликован отчет ЕСС 289 "Системы беспроводной передачи энергии (БПЭ) для электромобилей (ЭМ), работающие в полосе частот 79–90 кГц". В стадии подготовки находится добавление к Отчету ЕСС 289 о "влиянии нежелательных излучений от БПЭ-ЭМ на радиослужбы". – В сентябре 2017 года ТК ВЭР ЕТСИ опубликовал новый согласованный стандарт (EN 303 417), который охватывает все виды систем БПЭ (взамен EN 300 330 "Неспецифические устройства малого радиуса действия", который в прошлом использовался применительно к системам БПЭ, но больше не применяется к оборудованию БПЭ). В стандарте EN 303 417 определяются технические характеристики и методы измерения для систем беспроводной передачи энергии (БПЭ) с использованием технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча, в диапазонах частот 19–21 кГц, 59–61 кГц, 79–90 кГц, 100–300 кГц, 6765–6795 кГц. Опубликованный в 2017 году документ ЕТСИ (TR 103 493) охватывает технические спецификации и характеристики систем БПЭ, кроме БПЭ-ЭМ, работающих на частотах ниже 30 МГц. Он используется РГ-РС СЕПТ/ЕСС в целях изучения возможности сосуществования
СТА (Ассоциация потребительских технологий)	СТА R6-WG22 (Беспроводная передача энергии). Эта рабочая группа разрабатывает стандарты, рекомендуемую практику и сопутствующие документы, связанные с беспроводной передачей энергии. Она разработала документ ANSI/СТА-2042.1-B "Глоссарий терминов в области беспроводной передачи энергии". В данный момент она работает над СТА-2042.3 "Методы измерения эффективности и мощности в режиме ожидания беспроводной передачи энергии"
SAE (Общество автомобильных инженеров)	В 2010 году была создана Целевая группа SAE International J2954™ по беспроводной передаче энергии для электромобилей и подзаряжаемых гибридных электромобилей. В октябре 2020 года SAE International опубликовала стандарт SAE J2954 "Беспроводная передача энергии для электромобилей/подзаряжаемых электромобилей малой грузоподъемности и методология согласования", который устанавливает диапазон 85 кГц (79–90 кГц) в качестве общего частотного диапазона для беспроводной передачи энергии для всех транспортных средств малой грузоподъемности мощностью до 11,1 кВт (с возможным повышением в будущем до 60 кВт). В этом стандарте указаны три класса мощности (до 3,7 кВт, до 7,7 кВт и до 11,1 кВт). Для будущих пересмотров приведены еще два класса более высоких уровней мощности до 60 кВт. SAE International – это международная ассоциация, объединяющая более 128 000 инженеров и технических специалистов аэрокосмической, автомобильной и автотранспортной промышленности. См. https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010/

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Наименование организации	Деятельность
Альянс AirFuel	Некоммерческий международный консорциум, созданный в 2015 году в результате слияния A4WP и PMA. Альянс AirFuel (AFA) продолжает и расширяет все виды деятельности, которые велись в A4WP и PMA. Спецификации, выпущенные A4WP и PMA, непосредственно приняты в качестве спецификаций Альянса AirFuel. AFA работает над стандартами БПЭ в следующих областях: – индуктивная БПЭ (БПЭ на основе магнитной индукции); – резонансная БПЭ (БПЭ на основе магнитного резонанса); – бесконтактная БПЭ; – инфраструктура. Ожидается, что спецификация базовой системы беспроводной передачи энергии на основе резонанса (BSS) AirFuel будет опубликована в качестве стандарта IEC 63028 Ed1 в июле 2017 года
A4WP	A4WP разработала спецификацию БПЭ с использованием неизлучающей связи на основе магнитного резонанса малой и средней дальности (сильная связь на основе резонанса) (БПЭ слабой связи). – Основная техническая спецификация завершена в 2012 году. – Выпущена техническая спецификация (версия 1) в январе 2013 года. В этой спецификации определяется работа на частоте 6,78 МГц. В 2015 году произошло слияние A4WP с PMA, в результате чего был образован Альянс AirFuel
PMA	Электроэнергетический альянс (PMA) – это некоммерческая международная отраслевая организация, работающая в области технологии беспроводной передачи энергии, включая зарядку устройств, оборудованных батареями. С момента основания в 2012 году PMA быстро развивается в различных отраслях промышленности, включая электросвязь, электробытовые приборы, автомобилестроение, розничную торговлю, мебель, поверхности и многое другое. Рост и успех PMA объясняются уникальным подходом к обеспечению повсеместного распространения беспроводной передачи энергии там, где это наиболее необходимо потребителям, а также упорной работой и преданностью членов альянса. В 2015 году PMA объединился с A4WP с образованием Альянса AirFuel

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Наименование организации	Деятельность
WPC	Консорциум беспроводной электромагнитной энергии (WPC) был основан в 2008 году и представляет собой открытую группу по совместной разработке стандартов, в которую входят более 400 компаний со всего мира. Компании – члены WPC – это крупные и мелкие конкуренты и партнеры по экосистеме, представляющие бренды из всех сегментов отрасли и всех регионов земного шара. Работа WPC сосредоточена на решениях с сильной индукционной связью разных уровней мощности от 5 Вт для мобильной беспроводной передачи энергии до > 1 кВт для кухонных приборов и промышленных применений. WPC предлагает на рынке более 5000 различных продуктов для беспроводной зарядки, сертифицированных по стандарту Qi. В 2017 году WPC приступил к разработке стандарта Ki для беспроводных кухонь, позволяющего обеспечить питание беспроводных приборов и беспрепятственно интегрировать варочные панели в столешницы и другие поверхности. Стандарт Ki, в основу которого положен успешный опыт применения стандарта Qi, позволяет разрабатывать более безопасные, "умные" и удобные кухонные приборы, что обеспечит необходимую функциональную совместимость и безопасность. В данном стандарте определяются передатчики и универсальные варочные панели, обеспечивающие беспроводное питание мощностью до 2200 Вт для "умных" беспроводных кухонных устройств. Новый стандарт Ki для беспроводных кухонь в настоящее время находится в стадии разработки. В июле 2010 года Консорциум выпустил техническую спецификацию (Qi, версия 1), а в августе 2021 года – версию 1.3. Спецификация Qi также опубликована в виде серии IEC PAS 63095. В настоящее время ведутся исследования по преобразованию этих ОС в полноценные международные стандарты (МС). Помимо стандартов Qi и Ki, WPC ведет активную разработку новых стандартов в следующих областях: i) Стандарт для легких электромобилей (ЛЭМ), предназначенный для электровелосипедов и электросамокатов: Рост числа электровелосипедов, электрических самокатов и других ЛЭМ стимулирует спрос на гибкий, быстрый и относительно недорогой городской транспорт. Стандарт для ЛЭМ также находится в стадии разработки. ii) Отраслевой стандарт, предназначенный для беспроводной передачи энергии для зарядки роботов, AGV и другого автоматизированного промышленного оборудования в промышленном секторе: WPC также работает над стандартами для беспилотного роботизированного оборудования в сфере промышленности и логистики по всему миру. Сюда входят роботизированные руки, используемые в тяжелой промышленности, дроны, применяемые для мониторинга газопроводов и опор линий электропередач, и массовое использование AGV с уровнем мощности до нескольких кВт в сфере логистики.
РГ-БПЭ СЖК (Китай–Япония–Корея)	Рабочая группа по БПЭ собрания СЖК по информационным технологиям. Распространяет информацию в регионе для изучения и обследования БПЭ малой и высокой мощности. – В апреле 2013 года выпущен технический отчет 1 СЖК по БПЭ. – Весной 2014 года выпущен технический отчет 2 СЖК по БПЭ. – В мае 2015 года выпущен технический отчет 3 СЖК по БПЭ

4.2.1 Не используется

4.2.2 Информация о воздействии ЭМП на человека

Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на человека рассматривается собственными администрациями стран. Администрации могут запросить руководящие указания по воздействию ЭМП на человека у международных организаций, таких как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (МКЗНИ) и Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). Определением безопасных пределов воздействия ЭМП занимаются эти организации, и в сфере деятельности МСЭ-R данный вопрос не входит.

Последние по времени и актуальные руководящие указания по воздействию ЭМП на человека, опубликованные этими организациями для рабочих частот БПЭ до 100 кГц, можно найти в Руководящих указаниях МКЗНИ 2010 года [5] и в документе IEEE C95.1-2019 [7]. Соответствующие рекомендации по воздействию ЭМП на человека для рабочих частот БПЭ выше 100 кГц можно найти в Руководящих указаниях МКЗНИ 2020 года [6] и в документе IEEE C95.1-2019 [7]. Кроме того, РГ9 ТК 106 МЭК предоставляет документацию по методам измерения ЭМП для удовлетворения требований безопасности (см. таблицу 2).

Многие администрации приняли или могут в какой-то момент принять эти руководящие указания или измененные/обновленные руководства, основанные на исследованиях своих собственных экспертов. Разработчикам систем, производителям и операторам оборудования БПЭ следует рассмотреть меры по надлежащей защите населения от опасных воздействий ЭМП и учитывать соответствующие ограничения при планировании и развертывании систем БПЭ. В Приложении 1 приведены дополнительные ссылки на другие руководящие указания.

Подробная информация по контролю ЭМП содержится в Отчете МСЭ-R SM.2452 "Измерения электромагнитных полей для оценки их воздействия на человека".

В руководящих указаниях по воздействию ЭМП на человека описываются основные ограничения МКЗНИ или эквивалентные контролируемые дозиметрические пределы (DRL) IEEE, а также контрольные уровни МКЗНИ или эквивалентные контролируемые уровни воздействия (ERL) IEEE. Основными ограничениями (или DRL) называются ограничения по воздействию на человека, базирующиеся на физических величинах, непосредственно относящихся к доказанному влиянию на здоровье человека. В руководящих указаниях МКЗНИ и IEEE C95.1 приведены контролируемые уровни воздействия (или ERL) для простой оценки воздействия.

Руководящие указания МКЗНИ и документ IEEE C95.1 по воздействию электрических и магнитных полей используются во многих странах, помогая установить национальные ограничения и пороговые значения.

Операторы оборудования БПЭ должны рассмотреть меры для обеспечения адекватной защиты населения от воздействия ЭМП.

Измерения излучения магнитного поля при БПЭ, связанные с воздействием РЧ, проведенные до 2017 года в Японии, приведены в Приложении 3. Рекомендуется провести дополнительные измерения напряженности поля вблизи оборудования БПЭ. Прилагаются результаты измерения ЭМП в США.

4.2.3 Результаты измерения ЭМП

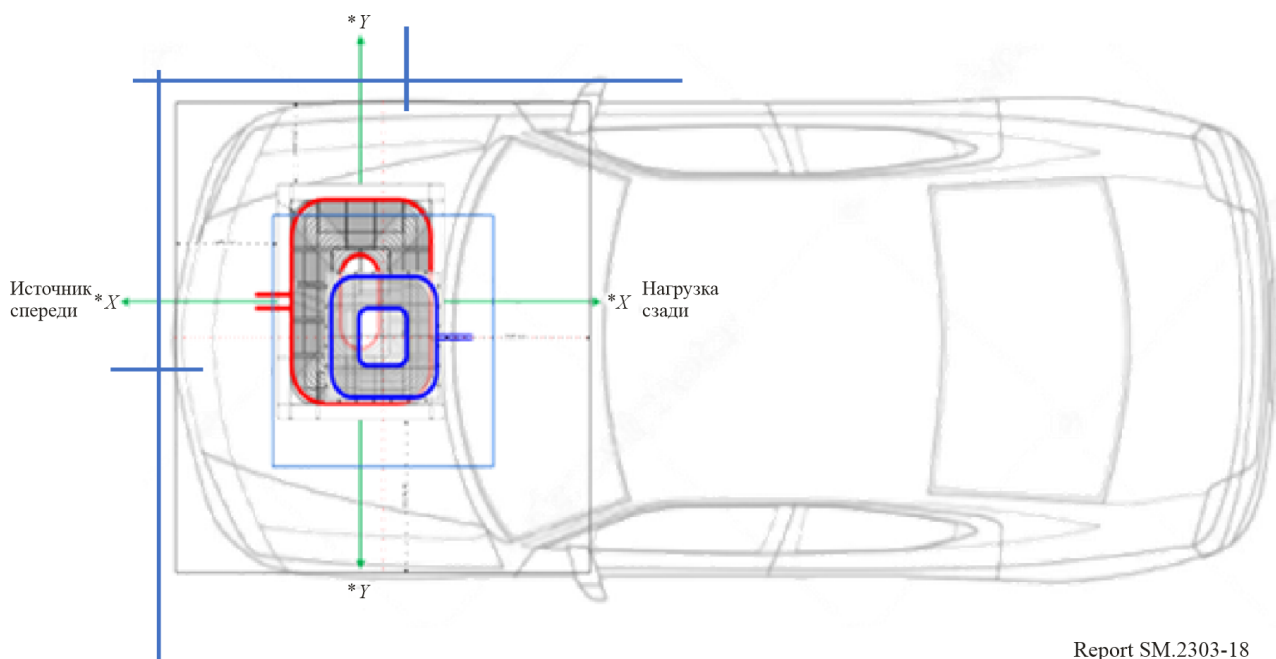
Были проведены измерения стандартной системы БПЭ-ЭМ WPT3, работающей с мощностью около 11 кВт при наихудших условиях в отношении воздействия ЭМП, в том числе с максимальным смещением и на полной мощности. В качестве справочного материала по воздействию ЭМП использовались руководящие указания МКЗНИ 2010 года, в которых установлен контрольный уровень 27 мкТл⁴ (среднеквадратичное значение) при частоте 85 кГц. Кроме того, ИСО 14117 устанавливает в отношении CIED (имплантируемых электронных стимуляторов сердца) требования к наведенному

⁴ Плотность магнитного потока выражается в теслах (Тл). Один гаусс (устаревшая единица измерения) равен 10^{-4} Тл.

напряжению в контуре выводов для контура площадью 225 см^2 , которые приводят к ограничению уровня магнитного поля до 15 мкТл (среднеквадратичное значение). На нижеследующих рисунках показаны плоскости измерения и результирующие значения плотности магнитного потока, измеренные датчиком ЭМП, содержащим три ортогональных контура площадью 100 см^2 и автоматически вычисляющим суммарное среднеквадратичное значение по всем осям. Для определения местоположения горячей точки было выполнено грубое сканирование с разрешением $7,5 \text{ см}$. После определения области наиболее сильного поля использовалось сканирование с более высоким разрешением $3,75 \text{ см}$. В результате точных измерений было обнаружено, что наибольший измеренный уровень электромагнитного поля составил $4,226 \text{ мкТл}$ (среднеквадратичное значение) в плоскости XZ (вдоль продольной оси автомобиля). Измерения в плоскости YZ (поперек продольной оси автомобиля) показали результат примерно в четыре раза ниже, чем в плоскости XZ , и поэтому для краткости не показаны.

РИСУНОК 18

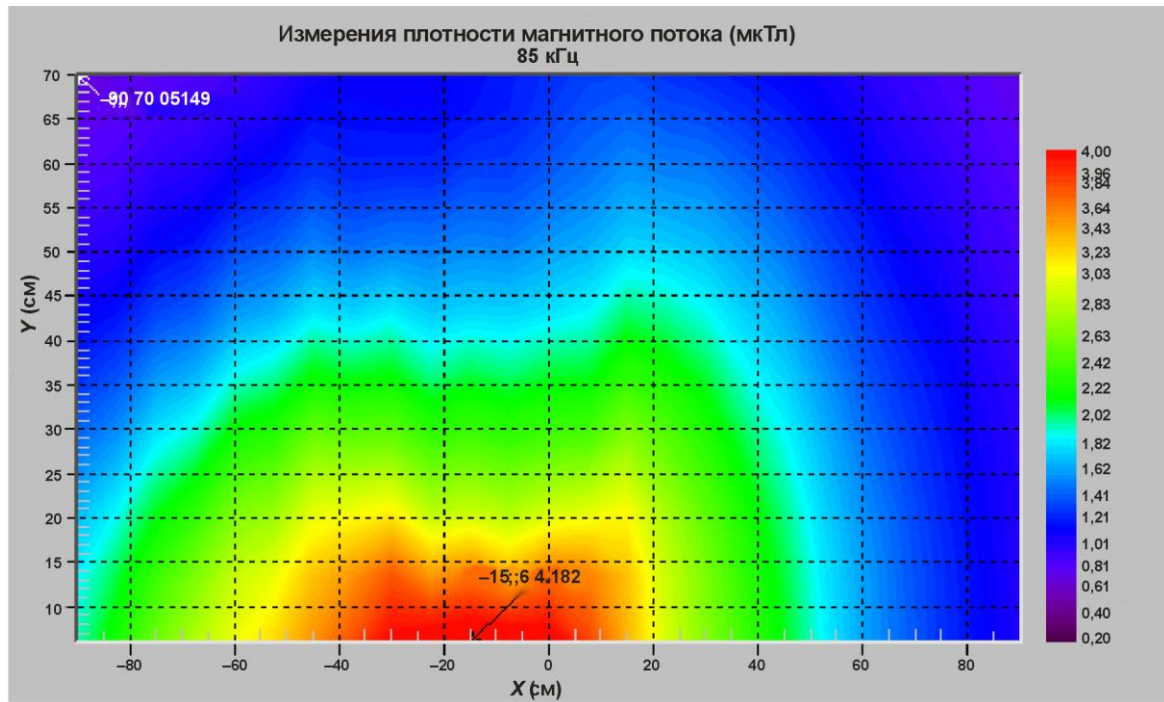
Условия максимального смещения для наихудшего случая излучения системы БПЭ-ЭМ, используемой для испытаний как на ЭМП, так и на излучаемые помехи



Report SM.2303-18

РИСУНОК 19

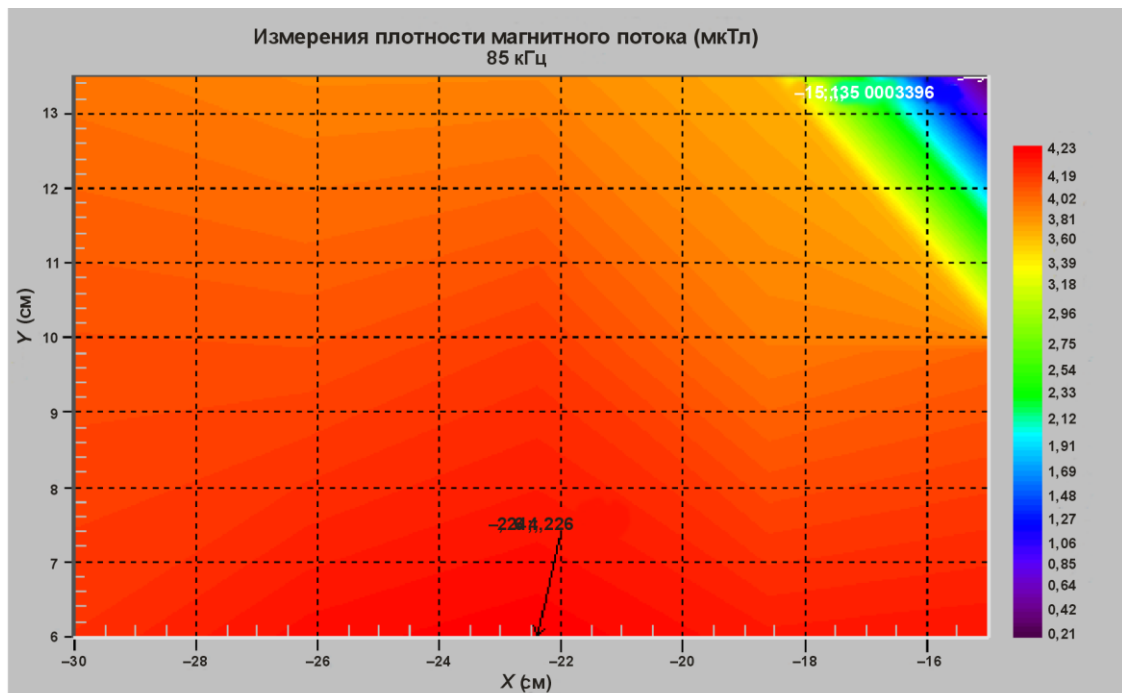
Измерения ЭМП по грубой сетке с разрешением 7,5 см



Report SM.2303-19

РИСУНОК 20

Измерения ЭМП на мелкой сетке в области максимальных ЭМП с разрешением 3,75 см



Report SM.2303-20

5 Статус спектра

5.1 БПЭ, различие между РЧ-полосами ПНМ и устройств малого радиуса действия

Положения пункта 1.15 РР: "Промышленные, научные и медицинские (ПНМ) применения (радиочастотной энергии): работа оборудования или приборов, предназначенных для генерирования и местного использования радиочастотной энергии для промышленных, научных, медицинских, бытовых или подобных целей, за исключением применения в области электросвязи". Полосы частот ПНМ в основном предназначены для использования этими применениями, которые не являются применениями в области электросвязи. Поэтому БПЭ является SRD только при наличии электросвязи (для передачи данных), такой как Bluetooth или ZigBee. БПЭ является источником полезного сигнала.

Функция передачи энергии БПЭ – это ПНМ – промышленные, научные, медицинские цели; передача данных в устройствах малого радиуса действия. СИСПР уже предложил рассматривать функцию БПЭ отдельно от функции электросвязи, которая может быть SRD; см. пункт 4.2 настоящего Отчета. В зависимости от национальных нормативных правил устройства SRD обычно действуют на основе нелицензионных и незащищенных правил.

В пунктах 5.138 и 5.150 Регламента радиосвязи МСЭ определены полосы частот для ПНМ. Полоса для устройств малого радиуса действия (SRD) отличается от полосы ПНМ. Согласно Приложениям 1 и 2 к Рекомендации МСЭ-R SM.1896 "Диапазоны частот для согласования на глобальном или региональном уровне устройств малого радиуса действия", на практике полоса ПНМ является достаточным, но необязательным условием для согласования работы SRD. Все полосы ПНМ обслуживают устройства малого радиуса действия и электронные устройства. Но SRD работают также в полосах, не относящихся к ПНМ. Полосы ПНМ могут служить БПЭ для передачи энергии; полосы SRD потенциально могут служить в качестве предпочтительных полос частот для использования БПЭ на национальном, региональном или глобальном уровнях. На рисунке 21 показаны полосы ПНМ в различных регионах МСЭ и кандидатные полосы, не относящиеся к ПНМ, для устройств SRD в различных регионах. Устройства SRD работают во всех РЧ-полосах ПНМ, а также в других РЧ-полосах.

РИСУНОК 21

Полосы ПНМ и полосы, не относящиеся к ПНМ, для устройств SRD*



5.2 Не относящиеся к ПНМ полосы, используемые на национальной основе для БПЭ

42–48 кГц; 52–58 кГц; 79–90 кГц; 100–205 кГц; 425–524 кГц

Присвоенные, выделенные или исследуемые полосы частот и основные параметры для этих применений приведены в таблицах 7 и 8. В этих таблицах указаны также действующие системы, для которых требуется обеспечение сосуществования.

До завершения подготовки Отчетов и Рекомендаций МСЭ по БПЭ необходимо изучить и в полной мере учесть совместимость со всеми действующими системами, особенно с теми, которые работают в полосах, распределенных для целей обеспечения безопасности, такими как воздушная радионавигационная служба, в следующих полосах частот: 9–21/59–61 кГц, 79–90 кГц и 100/110–300 кГц.

5.2.1 Магнитная индукция

Сегодня во многих странах уже внедрены различные изделия, основанные на магнитно-индукционных технологиях. На веб-сайте Консорциума беспроводной электромагнитной энергии указано, что по состоянию на середину 2017 года во всем мире было продано около 150 млн. передатчиков для зарядки смартфонов, соответствующих спецификации IEC PAS 63095 Ed1 по использованию этого частотного диапазона для устройств малой мощности (5–15 Вт). Кроме того, во многих странах за последние несколько лет также были выпущены зарядные устройства для аккумуляторных батарей электроинструментов на основе БПЭ (50–100 Вт) и электробытовые приборы с БПЭ-питанием (1–2 кВт), использующие магнитно-индукционные технологии.

5.2.2 Магнитная индукция высокой мощности

Диапазон частот тот же, что и для применений ЭМ (см. ниже).

Существует большое число действующих устройств и систем, включая радиоприемники сигналов точного времени и железнодорожные радиосистемы, которые работают на тех же частотах, что и применения на основе магнитной индукции высокой мощности, и, следовательно, потребуются исследования возможности сосуществования.

5.2.3 Емкостная связь

Системы БПЭ на основе емкостной связи первоначально разрабатывались для использования в диапазоне частот 425–524 кГц. Уровень мощности передачи менее 100 Вт. Ниже приведены некоторые основания для выбора частоты.

Первым основанием является баланс эффективности и размеров оборудования. Для использования в этой полосе частот разработано большое число элементов, например инверторы, выпрямители и т. д., которые расширяют диапазон компонентов с низкими потерями, что способствует оптимизации проектирования БПЭ. Основной частью системы БПЭ на основе емкостной связи являются трансформаторы. Характеристики трансформатора зависят от показателя добротности ферритового материала, который может быть оптимизирован в этом диапазоне частот. Следовательно, общая эффективность системы на основе емкостной связи составляет примерно от 70 до 85%.

Вторым основанием является возможность подавления нежелательных излучений электрического поля для обеспечения сосуществования с действующими системами, работающими в соседних полосах частот, например АМ-радиовещание. Была исследована и показана спектральная маска систем БПЭ на основе емкостной связи в диапазоне частот 425–524 кГц для обеспечения выполнения условий сосуществования с АМ-радиовещанием и другими службами.

5.2.4 Пассажирские электромобили

В настоящем разделе ЭМ означает электромобили и подзаряжаемые гибридные электромобили (ПГЭМ).

БПЭ для ЭМ, находящихся на стоянке, рассматривается BWF, МЭК, SAE и JARI. Было в целом согласовано, что диапазон частот 20–200 кГц обеспечивает преимущества по достижению эффективности передачи большой энергии в схемах с высокой мощностью.

В Японии в ходе исследований совместного использования спектра и обсуждения возможности сосуществования с действующими применениями рассматривались подполосы 42–48 кГц, 52–58 кГц, 79–90 кГц и 140,91–148,5 кГц. Было проведено интенсивное обследование существующих сейчас в мире видов использования спектра для сужения кандидатного спектра в целях максимального уменьшения возможных помех существующим применениям. По состоянию на май 2015 года для беспроводной зарядки ЭМ был выбран диапазон 79–90 кГц. Аналогичным образом, Целевая группа J2954 SAE International согласовала для БПЭ в автомобилях малой грузоподъемности полосу 79–90,00 кГц.

5.2.5 Грузовые электромобили

В мае 2011 года правительство Кореи осуществило распределение частот 20 кГц (19–21 кГц) и 60 кГц (59–61 кГц) для электромобилей с бесконтактной зарядкой (ЭМБЗ). Эти частоты могут использоваться в Корее для любого типа автомобилей – грузовых или пассажирских. В настоящее время система ЭМБЗ проходит испытания и лицензирована в одном пункте.

5.3 Полосы ПНМ, используемые на национальной основе для БПЭ

6765–6795 кГц; 13,56 МГц.

5.3.1 Магнитный резонанс

В ряде стран полоса 6765–6795 кГц поддерживает БПЭ на основе магнитного резонанса малой мощности. Полоса 6765–6795 кГц предусмотрена в качестве полосы ПНМ в пункте 5.138 Регламента радиосвязи.

В Японии ПНМ-оборудование, предельная передаваемая РЧ-мощность которого составляет 50 Вт, может использоваться в этой полосе без специального разрешения. В 2016 году вступили в силу новые правила "спецификации типа", которые разрешают установку индивидуального БПЭ-оборудования для передачи мощности более 50 Вт.

Ниже приведены причины, по которым полоса 6765–6795 кГц может оказаться предпочтительной для технологии БПЭ на основе магнитного резонанса:

- полоса ПНМ;
- ряд организаций по разработке стандартов разрабатывают стандарты БПЭ для использования в полосе 6765–6795 кГц;
- возможны небольшие физические размеры компонентов БПЭ, например катушек передатчика и катушек приемника энергии.

В Корее полоса 13,56 МГц используется для БПЭ в целях зарядки 3D-очков для просмотра 3D-ТВ.

ТАБЛИЦА 3

Присвоенные, выделенные или исследуемые диапазоны частот, основные параметры, действующие системы в системах БПЭ для мобильных/переносных устройств и бытового/офисного оборудования

	Магнитная индукция (малая мощность)	Связь на основе магнитного резонанса	Магнитная индукция (высокая мощность)	Емкостная связь
Типы применения	Мобильные устройства, планшеты, портативные компьютеры	Мобильные устройства, планшеты, портативные компьютеры	Бытовые приборы, офисное оборудование (включая применения высокой мощности)	Переносные устройства, планшеты, портативные компьютеры
Принцип технологии	Индукция на основе магнитного резонанса	Высокий резонанс		БПЭ с помощью электрического поля

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

	Магнитная индукция (малая мощность)	Связь на основе магнитного резонанса	Магнитная индукция (высокая мощность)	Емкостная связь
Рассматриваемые страны	Коммерчески доступно в Японии, Корее	Япония, Корея	Япония	Япония
Рассматриваемые диапазоны частот	Япония 110–205 кГц		Япония 20,05–38 кГц 42–58 кГц 62–100 кГц	
Диапазоны частот, присвоенные или выделенные на национальном уровне	Корея 100–205 кГц	Корея 6 765–6 795 кГц Япония 6765–6795 кГц		Япония 425–471 кГц 480–489 кГц 491–494 кГц 506–517 кГц 519–524 кГц
Диапазон мощности		Япония несколько ватт – 100 Вт	Япония несколько ватт – 1,5 кВт	Япония до 100 Вт
Преимущества	Согласованный на глобальном уровне спектр. Эффективность передачи более высокой мощности	– Возможно наличие спектра на глобальном уровне – Гибкость размещения и удаленности приемной стороны – Передатчик может обеспечивать мощность для нескольких приемников широкого современного диапазона	– Более высокая мощность – Гибкость размещения и удаленности приемной стороны – Передатчик может обеспечивать мощность для нескольких приемников широкого современного диапазона	Высокая эффективность (70–85%): – без нагрева электрода – низкий уровень излучений – свобода положения по горизонтали
Области применения	Переносные устройства, бытовая электроника, промышленные области, специальные области	Переносные устройства, планшеты, портативные компьютеры, бытовые приборы (малая мощность)	Бытовые приборы (высокая мощность), офисное оборудование	Переносные устройства, планшеты, портативные компьютеры, бытовое/офисное оборудование
Соответствующие стандарты объединений/международные стандарты	Консорциум беспроводной электромагнитной энергии (WPEC) [3]	A4WP (Альянс AirFuel) [4]		
Участники, заинтересованные в совместном использовании спектра		Япония: системы подвижной/фиксированной радиосвязи Корея: полоса ПНМ	Япония: радиоприемники сигналов точного времени (40 кГц, 60 кГц) железнодорожные радиосистемы обеспечения безопасности (10–250 кГц)	Япония: АМ-радиовещание (525–1 606,5 кГц), морская связь/NAVTEX (405–526,5 кГц) и любительская радиосвязь (472–479 кГц)

ТАБЛИЦА 4

Присвоенные или выделенные диапазоны частот, основные параметры, действующие системы в системах БПЭ для применений ЭМ

	Магнитный резонанс и/или индукция для пассажирских электромобилей	Магнитная индукция для грузовых автомобилей
Типы применения	Зарядка ЭМ на стоянке (статическое состояние)	Электромобиль с бесконтактной зарядкой (ЭМБЗ) (зарядка ЭМ в движении, включая остановку/стоянку)
Принцип технологии	Магнитный резонанс и/или индукция	Магнитная индукция
Рассматриваемые страны	Япония	Корея
Диапазон частот, присвоенный или выделенный на национальном уровне	79–90 кГц	19–21 кГц 59–61 кГц
Диапазон мощности	До 7,7 кВт; классы приняты для пассажирских автомобилей	– Минимальная мощность 75 кВт – Номинальная мощность 100 кВт – Максимальная мощность определяется – Воздушный зазор 20 см – Экономия времени и затрат
Преимущество	Эффективность передачи более высокой мощности. Идет работа по согласованию на глобальном/региональном уровне	– Эффективность передачи более высокой мощности – Максимально увеличенный воздушный зазор – Сниженный низкочастотный шум – Эффективная конструкция защитного экрана – Экономия времени и затрат
Соответствующие стандарты объединений/международные стандарты	IEC 61980-1 (TK69) ISO PAS 19363 (TK2/ПК37) SAE J2954	
Участники, заинтересованные в совместном использовании спектра		Корея Фиксированная морская подвижная связь (20,05–70 кГц) → судовые станции для радиотелеграфной связи. Ограничено гиперболической радионавигационной системой (DECCA) (84–86 кГц)

6 Примеры национальных регуляторных положений

Для Китая, Японии и Кореи страновые правила и условия, применяемые к частоте БПЭ, и текущие вопросы разработки правил представлены в [1].

Отчет об исследовании Азиатско-Тихоокеанского сообщества электросвязи (АТСЭ) по БПЭ [1] и Отчет АТСЭ по БПЭ [8] содержат новую информацию о дискуссиях, ведущихся в странах – членах Азиатско-Тихоокеанского сообщества электросвязи (АТСЭ) по регламентарным вопросам внедрения БПЭ.

Ниже для информации представлены примеры национальных регуляторных положений.

6.1 В Корее

Все оборудование радиосвязи, включая устройства БПЭ, должно соответствовать трем нормативным актам в рамках Закона о радиоволнах: 1) нормативный акт по техническим характеристикам; 2) нормативный акт по ЭМС; 3) нормативный акт по ЭМП. Далее приведены пояснения, касающиеся технических нормативов в Корее.

К оборудованию БПЭ применяется регулирование, относящееся к ПНМ-оборудованию, и оборудование мощностью выше 50 Вт должно иметь лицензию на эксплуатацию. Для оборудования мощностью ниже 50 Вт требуется соответствие нормативу по электрическим полям слабой напряженности и техническому нормативу по испытаниям на ЭМС. Недавно правительство пересмотрело следующим образом требования к соответствию и рабочие характеристики, и все устройства БПЭ рассматриваются как ПНМ-оборудование.

- Для оборудования БПЭ, работающего в диапазоне 100–205 кГц, напряженность электрического поля на расстоянии 3 м ниже или равна 500 мкВ/м. К измеренному значению требуется применить коэффициент компенсации $6\pi/\lambda$ (где λ – длина волны частоты измерения).
- Для оборудования БПЭ, работающего в диапазоне 6765–6795 кГц, напряженность электрического поля побочных излучений должна соответствовать приведенным в таблице 5 значениям.
- Для оборудования БПЭ, работающего в диапазонах 19–21 кГц и 59–61 кГц, напряженность электрического поля на расстоянии 100 м ниже и равна 100 мкВ/м.
- Для оборудования БПЭ, работающего в диапазоне 79–90 кГц, напряженность магнитного и электрического полей должна соответствовать приведенным в таблице 6 значениям.

ТАБЛИЦА 5

**Пределы напряженности поля для оборудования БПЭ,
работающего в диапазонах 6765–6795 кГц в Корее**

Диапазон частот	Предел напряженности поля (квазипиковое значение)	Ширина полосы измерения	Расстояние измерения
9–150 кГц	78,5–10 log(<i>f</i> в кГц/9) дБмкВ/м	200 Гц	10 м
0,15–10 МГц		9 кГц	
10–30 МГц	48 дБмкВ/м	120 кГц	
30–230 МГц	30 дБмкВ/м		
230–1000 МГц	37 дБмкВ/м		

ТАБЛИЦА 6

**Пределы напряженности поля для оборудования БПЭ,
работающего в диапазонах 79–90 кГц в Корее**

Диапазон частот	Предел напряженности поля (квазипиковое значение)	Ширина полосы измерения	Расстояние измерения
9–150 кГц	27–15 дБмкВ/м	200 Гц	10 м
0,15–4 МГц	14,5 – –7,7 дБмкВ/м	9 кГц	
4–11 МГц	–7,7 – –0,2 дБмкВ/м		
11–30 МГц	–0,2 – –7 дБмкВ/м		
30–80,872 МГц	30 дБмкВ/м	120 кГц	
80,872–81,848 МГц	50 дБмкВ/м		
81,848–134,786 МГц	30 дБмкВ/м		
134,786–136,414 МГц	50 дБмкВ/м		
136,414–230 МГц	30 дБмкВ/м		
230–1 000 МГц	37 дБмкВ/м		

6.2 В Японии

6.2.1 Диапазоны частот и пределы излучения

В марте 2016 года вступили в силу новые правила "спецификации типа" для мобильных устройств БПЭ для электромобилей, использующих диапазоны 6,78 МГц, 400 кГц и 79–90 кГц, с передаваемой мощностью более 50 Вт. Новые правила содержат спецификации, допускающие установку оборудования без разрешения. Системы, соответствующие "спецификации типа", могут использоваться повсеместно. Ссылки на стандарты и дополнительные условия приведены в таблице 7. Пределы интенсивности излучения приведены в таблицах 8, 9 и 10 в соответствии с выделенными диапазонами частот.

В 2015 году Совет по информации и связи МИС завершил исследования влияния каждой предлагаемой системы БПЭ на действующие системы радиосвязи. Сначала было проведено исследование использования спектра внутри страны и за рубежом. Выбрав кандидатные диапазоны частот, определили предельные значения излучения, не вызывающие вредных помех, с помощью моделирования характеристик БПЭ и измерений, проведенных в период с четвертого квартала 2013 года по третий квартал 2015 года. Для изучения характеристик БПЭ и установления нормативных требований соответствия также были изучены и представлены модели и методы измерения излучений. Подробную информацию см. в Приложениях 3 и 4.

При определении предельных значений мощности кондуктивных и эмиссионных излучений ссылались на стандарты СИСПР с учетом международного согласования нормативных баз, как указано в таблице 7. Для некоторых конкретных сценариев использования действующего спектра были предложены и согласованы дополнительные условия внутреннего сосуществования.

Согласно действующим в Японии нормативным актам для эксплуатации устройств с мощностью передачи не более 50 Вт никакие административные разрешения не требуются. До настоящего времени для технологий БПЭ для мобильных устройств, использующих диапазоны 6,78 МГц и 400 кГц, предполагались сценарии использования, при которых мощность передачи не превышает 50 Вт. Новые правила позволяют увеличить мощность передачи при использовании таких технологий БПЭ сверх 50 Вт.

ТАБЛИЦА 7

Справочные стандарты и условия для определения пределов излучений в Японии

Предлагаемая технология	Кондуктивное излучение		Эмиссионное излучение			
	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	30 МГц – 1 ГГц	1–6 ГГц
а) БПЭ для ЭМ (класс 3 кВт и класс 7 кВт)	Не указано для ближайшей перспективы ^(*1)	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1)	РГ по условиям сосуществования ^(*1)	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*4) РГ по условиям сосуществования	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1)	Не указано
б) БПЭ для мобильных устройств, использующих частоту 6,78 МГц (< 100 Вт)	Не указано, так как диапазон не соответствует затрагиваемым полосам частот	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*2) СИСПР 32 (изд. 1.0)	Не указано	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^{(*2), (*3), (*4)} РГ по условиям сосуществования	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*2) СИСПР 32 (изд. 1.0) РГ по условиям сосуществования	СИСПР 32 (изд. 1.0)

ТАБЛИЦА 7 (окончание)

Предлагаемая технология	Кондуктивное излучение		Эмиссионное излучение			
	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	30 МГц – 1 ГГц	1–6 ГГц
с) БПЭ для бытового/офисного оборудования (< 1,5 кВт)	СИСПР 14-1, Приложение В (изд. 5.2)	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) СИСПР 14-1, Приложение В (изд. 5.2)	СИСПР 14-1, Приложение В (изд. 5.2) РГ по условиям сосуществования	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^{(*)2), (*)3), (*)4)} СИСПР 14-1, Приложение В (изд. 5.2) РГ по условиям сосуществования	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*)2) СИСПР 14-1 (изд. 5.2)	Не указано
д) БПЭ для мобильных устройств 2 (емкостная связь) (< 100 Вт)	Не указано, так как диапазон не соответствует затрагиваемым полосам частот	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*)2) СИСПР 32 (изд. 1.0)	Не указано	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^{(*)2), (*)3), (*)4)} РГ по условиям сосуществования	СИСПР 11, группа 2 (изд. 5.1) ^(*)2) СИСПР 32 (изд. 1.0)	СИСПР 32 (изд. 1.0)

Примечания к таблице 7:

(*)1 Повторное обсуждение спецификаций, когда в будущем будет указано в СИСПР 11.

(*)2 В случае, когда устройство с функцией БПЭ работает без хост-устройства, стандарт СИСПР 11 должен применяться в качестве основного; затем применяются другие стандарты в качестве вторичных.

(*)3 Если иное не указано в отношении конкретной полосы, которая должна использоваться, стандарт СИСПР 11 должен применяться в качестве основного; затем применяются другие стандарты в качестве вторичных.

(*)4 Для стандарта СИСПР 11, группа 2, класс В, указываются пределы излучений на расстоянии 10 м на основе предела излучений на расстоянии 3 м.

(*)5 Классификация классов А/В не противоречит определению СИСПР.

(*)6 Для случаев, отмеченных как СИСПР 32 в (b) и (d), при необходимости применяется СИСПР 32, поскольку он подходит.

ТАБЛИЦА 8

Пределы излучений для мобильных устройств БПЭ, использующих частоту 6,78 МГц (магнитная связь) в Японии

Целевое применение БПЭ	Пределы кондуктивных излучений		Пределы эмиссионных излучений от основной гармоник	Пределы эмиссионных излучений в других полосах			
	9–150 кГц	150 кГц –30 МГц		9–150 кГц	150 кГц –30 МГц	30 МГц –1 ГГц	1–6 ГГц
б) БПЭ для мобильных устройств, использующих частоту 6,78 МГц	Не указано	0,15–0,50 МГц: квазипиковое значение 66–56 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$); среднее значение 56–46 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$) 0,50–5 МГц: квазипиковое значение 56 дБмкВ; среднее значение 46 дБмкВ 5–30 МГц: квазипиковое значение 60 дБмкВ; среднее значение 50 дБмкВ, за исключением полос ПНМ	6,765–6,776 МГц: 44,0 дБмкА/м при 10 м (квазипиковое значение); 6,776–6,795 МГц: 64,0 дБмкА/м при 10 м (квазипиковое значение)	Не указано	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, при преобразовании в значения для расстояния 10 м предел излучения линейно снижается при $\log(f)$ от 39 дБмкА/м на 0,15 МГц до 3 дБмкА/м на 30 МГц. Исключение 1: 20,295–20,385 МГц: 4,0 дБмкА/м на 10 м (квазипиковое значение). Исключение 2: 526,5–1606,5 кГц: –2,0 дБмкА/м на 10 м (квазипиковое значение)	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, применяются следующие значения: 30–80,872 МГц – 30 дБмкВ/м; 80,872–81,88 МГц – 50 дБмкВ/м; 81,88–134,786 МГц – 30 дБмкВ/м; 134,786–136,414 МГц – 50 дБмкВ/м; 136,414–230 МГц – 30 дБмкВ/м; 230–1000 МГц – 37 дБмкВ/м В случае если должен применяться СИСПР 32 (изд. 1.0), используются пределы для расстояния 3 м, указанные в таблице А.5. Исключение: 33,825–33,975 МГц – 49,5 дБмкВ/м на 10 м (квазипиковое значение)	В случае если должен применяться СИСПР 32 (изд. 1.0) (1), используются пределы для расстояния 3 м, указанные в таблице А.5 (1)

ТАБЛИЦА 9

Пределы излучений для мобильных устройств БПЭ, использующих полосу 400 кГц (емкостная связь) в Японии

Целевое применение БПЭ	Пределы кондуктивных излучений		Пределы эмиссионных излучений от основной гармоника	Пределы эмиссионных излучений в других полосах			
	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	425–471 кГц 480–489 кГц 491–494 кГц 506–517 кГц 519–524 кГц	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	30 МГц – 1 ГГц	1–6 ГГц
d) БПЭ для мобильных устройств, использующих полосу 400 кГц (емкостная связь)	Не указано	0,15–0,50 МГц: квазипиковое значение 66–56 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$); среднее значение 56–46 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$) 0,50–5 МГц: квазипиковое значение 56 дБмкВ; среднее значение 46 дБмкВ 5–30 МГц: квазипиковое значение 60 дБмкВ; среднее значение 50 дБмкВ, за исключением полос ПНМ	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, при преобразовании в значения для расстояния 10 м предел излучения линейно снижается при $\log(f)$ от 39 дБмкА/м на 0,15 МГц до 3 дБмкА/м на 30 МГц	Не указано	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, при преобразовании в значения для расстояния 10 м предел излучения линейно снижается при $\log(f)$ от 39 дБмкА/м на 0,15 МГц до 3 дБмкА/м на 30 МГц. Исключение: 526,5–1606,5 кГц применяется –2,0 дБмкА/м на 10 м (квазипиковое значение)	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, применяются следующие значения: 30–80,872 МГц – 30 дБмкВ/м; 80,872–81,88 МГц – 50 дБмкВ/м; 81,88–134,786 МГц – 30 дБмкВ/м; 134,786–136,414 МГц – 50 дБмкВ/м; 136,414–230 МГц – 30 дБмкВ/м; 230–1000 МГц – 37 дБмкВ/м В случае если должен применяться СИСПР 32 (изд. 1.0), используются пределы для расстояния 3 м, указанные в таблице А.5	В случае если должен применяться СИСПР 32 (изд. 1.0) (1), используются пределы для расстояния 3 м, указанные в таблице А.5 (1)

ТАБЛИЦА 10

Пределы излучений БПЭ для применений ЭМ в Японии

Целевое применение БПЭ	Пределы кондуктивных излучений		Пределы эмиссионных излучений от основной гармоник	Пределы эмиссионных излучений в других полосах			
	9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц		9–150 кГц	150 кГц – 30 МГц	30 МГц – 1 ГГц	1–6 ГГц
БПЭ для зарядки ЭМ	Не указано	0,15–0,50 МГц: квазипиковое значение 66–56 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$); среднее значение 56–46 дБмкВ (линейное снижение при $\log(f)$), 0,50–5 МГц: квазипиковое значение 56 дБмкВ; среднее значение 46 дБмкВ 5–30 МГц: квазипиковое значение 60 дБмкВ; среднее значение 50 дБмкВ, за исключением полос ПНМ	68,4 дБмкА/м на расстоянии 10 м (квазипиковое значение)	23,1 дБмкА/м на расстоянии 10 м (квазипиковое значение), за исключением 79–90 кГц	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, при преобразовании в значения для расстояния 10 м линейное снижение при $\log(f)$ от 39 дБмкА/м на 0,15 МГц до 3 дБмкА/м на 30 МГц (1). Исключение 1: для 158–180 кГц, 237–270 кГц, 316–360 кГц и 3965–450 кГц, пределы излучений выше, чем указано ранее (1), на 10 дБ. Исключение 2: для 526,5–1 606,5 кГц, –2,0 дБмкА/м (квазипиковое значение)	На основе СИСПР 11, изд. 5.1, применяются следующие значения: 30–80,872 МГц – 30 дБмкВ/м; 80,872–81,88 МГц – 50 дБмкВ/м; 81,88–134,786 МГц – 30 дБмкВ/м; 134,786–136,414 МГц – 50 дБмкВ/м; 136,414–230 МГц – 30 дБмкВ/м; 230–1000 МГц – 37 дБмкВ/м	Не указано

6.2.2 Оценка воздействия РЧ

В Японии при оценке соответствия требованиям в отношении воздействия РЧ на организм человека со стороны систем БПЭ применяются Руководящие указания по защите от радиоизлучения (RRPG). В RRPG содержатся рекомендуемые руководящие указания, которые применяются, когда человек использует радиоволны и его организм подвергается воздействию электромагнитного поля (в диапазоне частот от 10 кГц до 300 ГГц), для обеспечения того, чтобы электромагнитное поле было безопасным и не приводило к излишнему биологическому воздействию на организм человека. Эти руководящие указания включают цифровые показатели напряженности электромагнитного поля, метод оценки электромагнитного поля и метод защиты для уменьшения излучения электромагнитного поля.

Нормативные значения, применяемые к системам БПЭ, представляют собой приведенные в RRPG административные руководящие указания относительно общей среды в случае, когда воздействие электромагнитных полей на организм человека не может быть определено, нельзя ожидать надлежащего контроля и существуют изменчивые факторы. Например, к этому случаю относится положение, когда жители подвергаются воздействию электромагнитных полей в обычных жилых районах.

Но в случае когда человек находится в пределах 20 см от системы БПЭ, работающей в диапазоне частот от 10 кГц до 100 кГц, и в отношении него не могут применяться руководящие указания по поглощению излучения различными частями тела, применяются базовые руководящие указания, приведенные в RRPG.

В базовых руководящих указаниях не выделяются общая среда и профессиональная среда; поэтому при применении общих руководящих указаний в значениях подсчитывается фактор безопасности в размере $1/5$ ($1/\sqrt{5}$ для напряженности электромагнитного поля и плотности электрического тока), который применяется в административных руководящих указаниях.

В методике оценки приводятся схемы оценки для проведения оценки соответствия RRPG, в которых представлены нормативные значения и руководящие указания. Для каждой целевой технологии БПЭ (например, БПЭ с использованием частоты 6,78 МГц, БПЭ для мобильных устройств, БПЭ для ЭМ) имеется своя независимая схема оценки:

- 1) возможность расположения организма человека на расстоянии < 20 см от системы БПЭ или между передающей и приемной катушками;
- 2) защита от риска контакта;
- 3) состояние незаземленности;
- 4) среднее значение для SAR всего тела;
- 5) SAR части тела;
- 6) плотность индуцированного тока;
- 7) контактный ток;
- 8) внешнее электрическое поле; и
- 9) внешнее магнитное поле.

Наиболее простая схема оценки для всех целевых технологий БПЭ включает перечисленные выше пункты 8 и 9, которые представляют собой минимальную числовую комбинацию параметров. При оценке считается, что эта самая простая схема приводит к получению наихудшего (максимального) значения поглощения энергии радиоволн организмом человека. Другими словами, оценивается воздействие РЧ, существенно превышающее фактическое значение воздействия на организм человека; а затем оценка приведет к гораздо более низкой допустимой мощности излучения от системы БПЭ.

Другие схемы включают большее число параметров. По мере роста числа принятых параметров, методика оценки требует более детальной оценки, которая приводит к более точному определению воздействия РЧ. В некоторых схемах, разработанных для подробной оценки, применяется коэффициент связи, который увеличивается вместе с измеренным максимальным значением напряженности магнитного поля для подтверждения того, что воздействие РЧ меньше нормативных значений. Также представлен расчет коэффициента связи.

Система считается соответствующей RRPg, если продемонстрировано соответствие системы, использующей одну из целевых технологий БПЭ, нормативным значениям, указанным в любой из схем.

Если новая методика оценки, предназначенная для проведения оценки, будет соответствовать в будущем условиям надлежащих инженерно-технических подходов или если можно подтвердить улучшение применимых методик оценки в соответствующих случаях, то такая методика может применяться для этой цели.

В конце этого раздела отметим, что для RRPg были согласованы руководящие указания МКЗНИ 2010 года в целях принятия для низких диапазонов частот. Поэтому воздействие на человека следует проверять на соответствие количественным показателям воздействия, чтобы предотвратить стимуляцию нервов, а также нагрев тканей на SAR в диапазоне частот 100 кГц – 10 МГц.

6.3 В Китае

В Китае в настоящее время проводится исследование национального регулирования БПЭ.

7 Исследования взаимного влияния БПЭ и служб радиосвязи

В этом разделе рассматривается состояние исследований взаимного влияния БПЭ и служб радиосвязи, включая радиоастрономическую службу⁵.

Некоторые исследования, приведенные в этом разделе, относятся к излучениям БПЭ от мобильных и переносных устройств, которые также рассматриваются в Отчете МСЭ-R SM.2449, например исследования, приведенные в пункте 7.2 и в Приложении 3. Но поскольку эти исследования носят общий характер, они также могут рассматриваться в контексте переносных и мобильных устройств.

7.1 Результаты исследований и текущая деятельность в некоторых администрациях

Учитывая, что системы БПЭ могут создавать высокую напряженность поля, существует вероятность создания помех сигналам связи, передаваемым в близлежащих полосах. Определение требуемых характеристик РЧ-сигналов БПЭ должно базироваться на исследованиях потенциальных помех от БПЭ другим службам. Такие исследования и определение по их итогам характеристик должны быть осуществлены до присвоения или выделения частот для БПЭ.

На рисунках 22 и 23 показан спектр БПЭ, выделенный в Японии и присвоенный в Корее [1], а также спектр для систем БПЭ без использования луча, согласованный международными организациями. Для БПЭ также может использоваться дополнительный спектр в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R SM.2110 "Руководство по использованию диапазонов частот при работе систем беспроводной передачи энергии для электромобилей (без применения луча)" и МСЭ-R SM.2129 "Руководство по использованию диапазонов частот для работы систем беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств". Следует провести исследования совместного использования спектра существующими системами и системами БПЭ, с тем чтобы уточнить возможность сосуществования. Некоторое оборудование БПЭ классифицируется как ПНМ-оборудование, которое не должно создавать вредных помех другим станциям и требовать защиты от них от других станций. В таблице 11 показано использование спектра действующих беспроводных систем с рабочей частотой ниже 1,6 МГц, которые следует учесть в исследованиях воздействия в отношении систем БПЭ для электромобилей.

⁵ В будущем этот раздел может быть пересмотрен в контексте текущих пересмотров Отчетов МСЭ-R SM.2449 и SM.2451.

ТАБЛИЦА 11

Использование спектра действующих беспроводных систем

Радиосистемы		Диапазоны частот	Технологии связи	Примечания
Служба стандартных частот и сигналов времени		19,95–20,05 кГц (20 кГц, на всемирной основе) 39–41 кГц (40 кГц, Япония) 49,25–50,75 кГц (50 кГц, Россия) 59–61 кГц (60 кГц, Соединенное Королевство, США и Япония) 65,850–67,35 кГц (66,6 кГц, Россия) 68,25–68,75 кГц (68,5 кГц, Китай) 74,75–75,25 кГц (75 кГц, Швейцария) 77,25–77,75 кГц (77,5 кГц, Германия) 99,75–102,5 кГц (100 кГц, Китай) 128,6–129,6 кГц (129,1 кГц, Германия) 157,5–166,5 кГц (162 кГц, Франция)	Амплитудная модуляция, двоично-десятичный код (BCD)	Часы, которые периодически получают цифровые сигналы стандартного времени, передаваемые станциями передачи сигналов стандартного времени, для синхронизации и настройки собственного времени
Служба пульсационного контроля		128,6–129,6 кГц (129,1 кГц, Европа) 138,5–139,5 кГц (139 кГц, Европа)	—	Система управления нагрузкой/спросом для электростанций и их электросетей
Железнодорожные радиосистемы	Системы автоматической остановки поездов (ATS)	10–250 кГц (Япония)	—	Система электросвязи, которая подает электрический ток в катушки, установленные вдоль железнодорожных путей, и обнаруживает электрический ток, протекающий через катушки, установленные на поездах, для управления поездами
		425–524 кГц (Япония)		
	Системы индукционной поездной радиосвязи (ITRS)	100–250 кГц (Япония)	—	Система передачи сигналов, использующая индуктивную связь между линией передачи, установленной вдоль железнодорожных путей и т. д., и антенной, установленной на поездах
		80 кГц, 92 кГц (Япония, только одна станция)		
Любительская служба радиосвязи		135,7–137,8 кГц	Амплитудная модуляция, частотная модуляция, ОБП и т. д.	Радиослужба с передающими и приемными устройствами, используемая для технических исследований и обучения операторов-радиолюбителей
		472–479 кГц		

ТАБЛИЦА 11 (окончание)

Радиосистемы	Диапазоны частот	Технологии связи	Примечания
Системы морской связи	90–110 кГц (LORAN)	Импульсная, ЧМН и т. д.	Радиосистема, обеспечивающая безопасность эксплуатации судов, используемая в порту и в гавани или в море
	424 кГц, 490 кГц, 518 кГц (NAVTEX)		
	495–505 кГц (NAVDAT)		
Звуковое радиовещание	148,5–283,5 кГц (Район 1) 525–526,5 кГц (Район 2) 526,5–1 606,5 кГц (на всемирной основе) 1605,5–1705 кГц (Район 2)	Амплитудная модуляция/DRM	Служба радиовещания с приемными устройствами, использующими диапазон средних волн

РИСУНОК 22

Рассматриваемый спектр БПЭ и действующие системы (10–300 кГц)

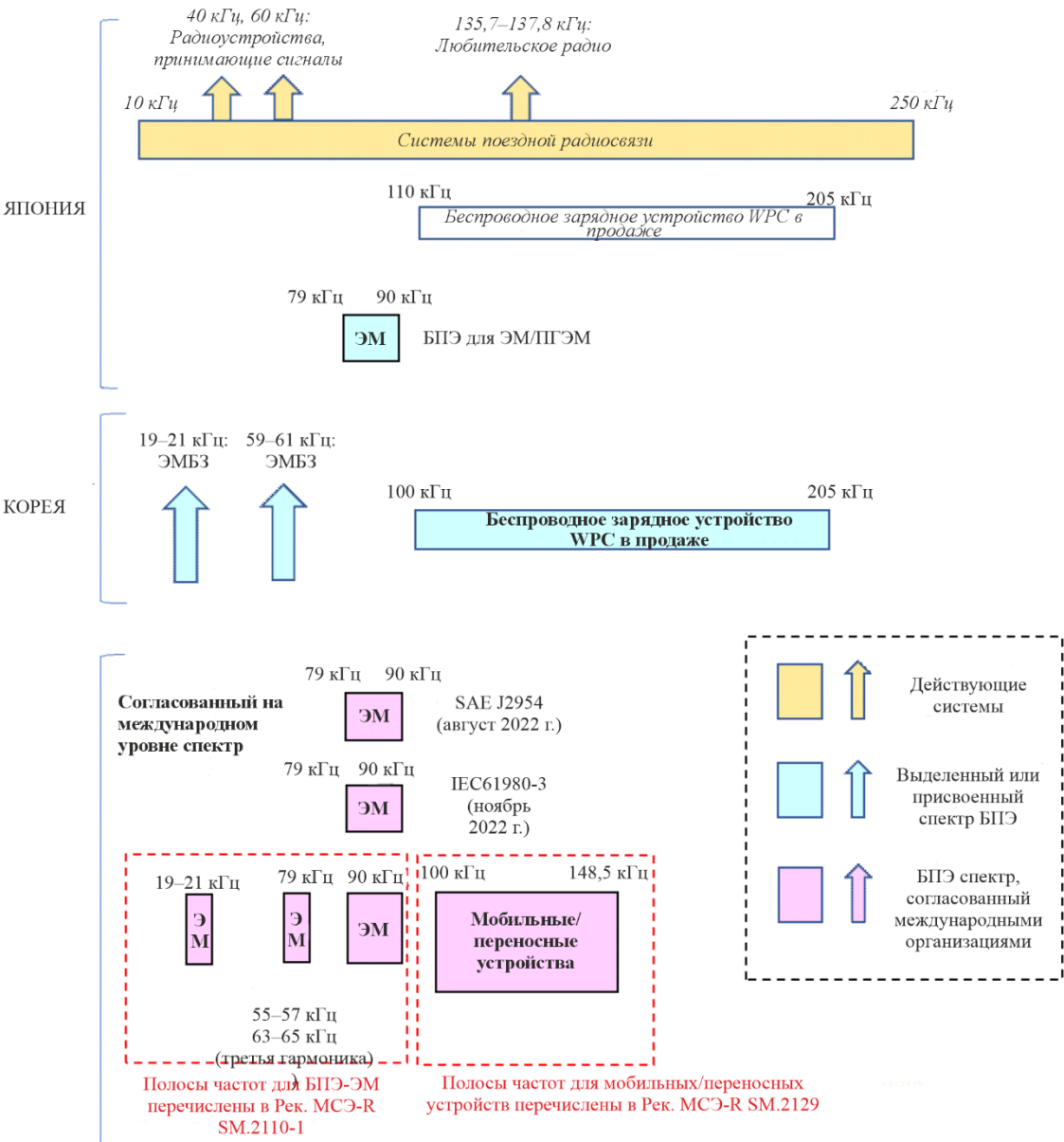
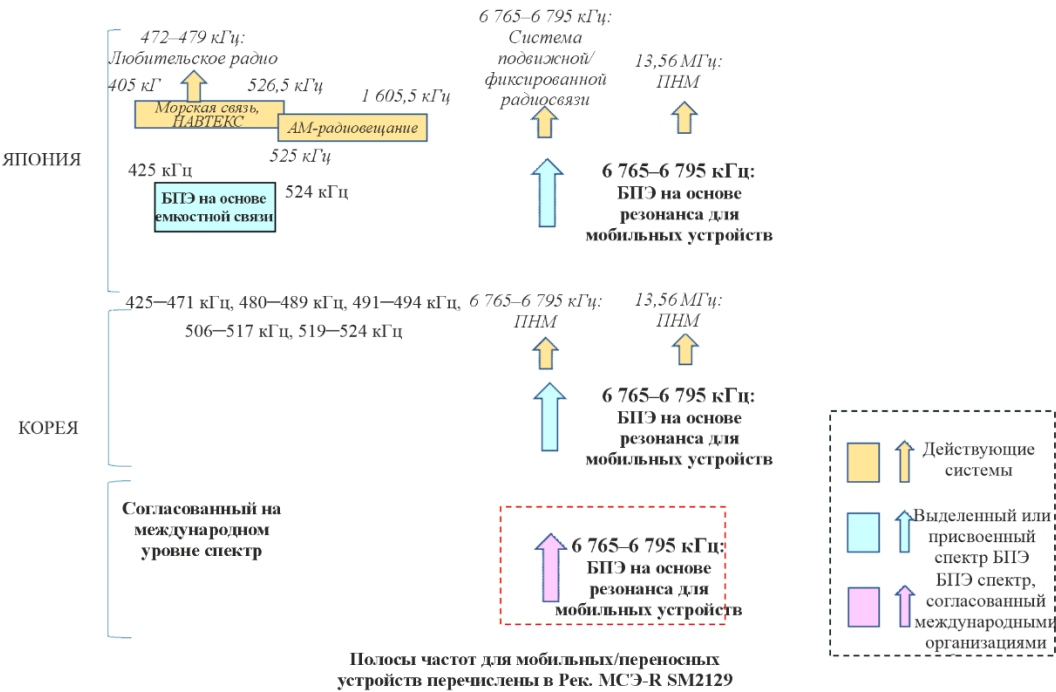


РИСУНОК 23

Рассматриваемый спектр БПЭ и действующие системы (400 кГц–13,56 МГц)



Report SM.2303-23

В Японии представлены целевые системы БПЭ и кандидатные диапазоны частот с их основными параметрами, как указано в таблице 12.

ТАБЛИЦА 12

Технологии БПЭ, которые обсуждались в Рабочей группе по БПЭ МС Японии

Целевые применения БПЭ	а) БПЭ для ЭМ	б) БПЭ для мобильных и переносных устройств (1)	с) БПЭ для бытовых приборов и офисного оборудования	д) БПЭ для мобильных и переносных устройств (2)
Технология БПЭ	Передача энергии с помощью магнитного поля (индукционная, резонансная)			Емкостная связь
Мощность передачи	До примерно 3 кВт (макс. 7,7 кВт)	Несколько ватт – примерно 100 Вт	Несколько ватт – примерно 1,5 кВт	Примерно 100 Вт
Кандидатные диапазоны частот для БПЭ	42–48 кГц (полоса 45 кГц), 52–58 кГц (полоса 55 кГц), 79–90 кГц (полоса 85 кГц), 140,91–148,5 кГц (полоса 145 кГц)	6765–6795 кГц	20,05–38 кГц 42–58 кГц 62–100 кГц	425–524 кГц
Расстояние передачи	0 – примерно 30 см	0 – примерно 30 см	0 – примерно 10 см	0 – примерно 1 см

Информация, приведенная в настоящей таблице, может измениться под влиянием тенденций в области стандартизации БПЭ на местном и глобальном уровнях.

7.1.1 Япония

Для исследований в области совместного использования спектра и сосуществования Рабочая группа (РГ) по БПЭ в рамках Комитета МСЭ по электромагнитной среде для использования радиоволн подобрала много возможных и практических сочетаний действующих радиосистем и целевых систем БПЭ, которые могли бы причинять вредные помехи при конкретных сценариях использования. В каждом случае основная радиоволна БПЭ может оказаться в спектре действующих радиосистем при размещении на минимальном требуемом расстоянии разнеса от устройства БПЭ или когда не принимаются необходимые меры по ослаблению мощности. В другом случае гармоническая волна БПЭ может попадать в спектр действующих радиосистем, приводя к ухудшению качества сигнала на действующем радиоприемнике. Рассмотрев самые разные соответствующие случаи, РГ определила условия наихудшего случая для оценки влияния БПЭ. Были рассмотрены сценарии использования; затем были проведены моделирование и эксперименты на местах. Условия сосуществования, которые обеспечивают критерии использования системы БПЭ вместе с действующими системами, были определены РГ на основе чувствительности существующих приемников и фактических случаев использования.

В декабре 2014 года было продемонстрировано сосуществование в определенных условиях БПЭ с магнитной связью на частоте 6,78 МГц и БПЭ с емкостной связью.

Была проведена оценка сосуществования устройств БПЭ с магнитной связью на частоте 6,78 МГц и систем общественного радио, использующих небольшие сегменты частот в диапазоне 6,765–6,795 МГц. Предполагалось, что максимальная мощность передачи составляет 100 Вт. Были рассчитаны и указаны для небольшого сегмента в диапазоне конкретные пределы излучений (см. таблицу 8), удовлетворяющие требованиям сосуществования.

Сосуществование устройств БПЭ с емкостной связью оценивалось с помощью теоретических расчетов и экспериментов на местах. Результаты показали гораздо меньшую напряженность магнитных излучений по сравнению с требованием по пределу излучений для сосуществования с соответствующими действующими системами. Таким образом, было подтверждено сосуществование устройств БПЭ с емкостной связью с мощностью передачи менее 100 Вт. Тем не менее следует отметить, что диапазоны частот, используемые для морских радиоустройств и любительских радиоустройств, были исключены из кандидатных рабочих диапазонов частот, поскольку принимается во внимание использование спектра на международном уровне.

Другая технология БПЭ с магнитной связью, при которой используется диапазон в килогерцах для бытовых устройств, пока еще не продемонстрировала сосуществование всех определенных случаев, проверяемых в рамках оценки.

БПЭ для приложений ЭМ, использующих частоты 79–90 кГц, продемонстрировали сосуществование с радиоустройствами, принимающими сигналы точного времени, устройствами АМ-радиовещания и любительским радио. Приложения, использующие другие кандидатные диапазоны частот, отличающиеся от 79–90 кГц, все еще не соответствуют требованиям. Таким образом, кандидатные диапазоны частот для ЭМ были сведены к 79–90 кГц.

РГ провела дальнейшую оценку для подтверждения сосуществования с железнодорожными беспроводными системами, а именно системами автоматической остановки поездов (ATS), установленными по всем железнодорожным сетям Японии, и системами индукционной поездной радиосвязи (ITRS) для весьма конкретных случаев фактического использования. РГ в конце концов согласовала технические требования по сосуществованию с железнодорожными беспроводными системами.

В результате исследования сосуществования Япония хотела бы сделать дополнительный акцент на всеобщем внимании исследованию сосуществования с железнодорожными беспроводными системами, в частности ATS. В настоящее время ATS эксплуатируются на частотах около 100 кГц и развернуты не только в рамках железнодорожной сети Японии, но и во многих странах, а также в региональных железнодорожных сетях по всему миру. В будущем может случиться так, что многие страны, развертывающие ATS, столкнутся с аналогичными проблемами для подтверждения сосуществования с системами БПЭ в целях обеспечения безопасности пассажиров. Это исследование следует принимать во внимание во всем мире, а не только в рамках конкретного для той или иной

страны подхода. Япония считает, что МСЭ-R следует предложить принять меры по этому исследованию в сотрудничестве с СИСПР.

Железнодорожные беспроводные системы с механизмом электромагнитного управления имеют важнейшее значение для безопасного функционирования. Обеспечение устойчивости систем к мешающим радиоволнам является важнейшей мерой, и в каждом случае могут иметься независимые характеристики. Соответственно критерии сосуществования систем различаются в зависимости от страны или региона. Поэтому в пределах излучений, которые будут приводиться в СИСПР, следует принимать во внимание такое разнообразие и надежность систем.

РГ пришла к выводу, что системы БПЭ для электромобилей, работающие в частотном диапазоне 79–90 кГц, классов мощности 3 кВт и 7,7 кВт могут использоваться в практических условиях, не создавая вредных помех отдельным действующим системам и службам. В марте 2016 года были опубликованы и введены в действие новые правила для систем БПЭ для электромобилей, БПЭ с магнитной связью на частоте 6,78 МГц и БПЭ с емкостной связью.

Краткий обзор результатов исследований в области сосуществования приводится в таблице 13 А), В), С) и таблице 14.

ТАБЛИЦА 13

**Краткий обзор результатов исследований в области сосуществования БПЭ
для мобильных устройств и бытовых приборов в Японии**

А) Сосуществование с радиоустройствами, принимающими сигналы точного времени, системами автоматической остановки поездов и системами индукционной поездной радиосвязи

БПЭ для мобильных устройств и бытовых приборов		Действующие системы		
Технологии	Кандидатные диапазоны частот	Радиоустройства, принимающие сигналы точного времени (SCRD) ⁽¹⁾ (40 кГц, 60 кГц)	ATS ⁽²⁾ (10–250 кГц)	ITRS ⁽³⁾ (10–250 кГц)
Магнитная связь (малой мощности для мобильных устройств)	6765–6795 кГц	Н/П	Н/П	Н/П
Магнитная связь (малой мощности для бытовых приборов)	20,05–38 кГц	Отвечает условиям сосуществования с указанными ниже примечаниями: 2-я и 3-я гармоники не попадают в рабочие диапазоны SCRD - Привлечение внимания пользователей к возможности помех устройствам SCRD	Необходимая дальнейшая оценка сосуществования Необходимо рассчитать требуемое расстояние разнеса, чтобы не причинять вредных помех	Отвечает условиям сосуществования
	42–58 кГц			Отвечает условиям сосуществования
	62–100 кГц			Необходимая дальнейшая оценка Необходимо рассчитать требуемое расстояние разнеса, чтобы не причинять вредных помех
Емкостная связь (малой мощности для мобильных устройств)	425–524 кГц	Н/П	Отвечает условиям сосуществования при уменьшении напряженности магнитного поля на 12 дБ	Н/П

Примечания к таблице 13 А):

Условия сосуществования при оценке.

- (1) Радиоустройства, принимающие сигналы точного времени – устройства БПЭ не должны причинять вредных помех в моделируемых сценариях использования.
- Расстояние разнеса в 10 м использовалось в качестве одного из критериев сосуществования. Наряду с характеристиками основной гармоники исследовались также целочисленные гармоники в случае их попадания в рабочие диапазоны радиоустройств, принимающих сигналы точного времени.
 - Рассматриваются дополнительные меры, касающиеся условия времени работы, так как не ожидается или не наблюдается уменьшения частоты работы БПЭ бытового/офисного оборудования в полночь, когда происходит частый прием сигналов радиоустройствами, принимающими сигналы точного времени. Объявление об опасности радиопомех от БПЭ для бытовых устройств может обусловить уменьшение помех при совместном использовании того же спектра в силу отсутствия полного перекрытия времени использования.
 - Гармоники БПЭ, вырабатывающие основные гармоники на частоте 20,05 кГц и 30 кГц, попадают в рабочий спектр радиоустройств, принимающих сигналы точного времени. Это имеет важнейшее значение для обеспечения отсутствия вредных помех.
- (2), (3) ATS и ITRS. Устройства БПЭ не должны причинять вредных помех в работе при фактических сценариях использования. Критерии для сосуществования являются следующими:
- полоса частот БПЭ не должна перекрываться с частотой, используемой для систем сигнализации и связи при движении поездов, включая ATS; или
 - расстояние разнеса до устройств ATS/ITRS, на котором устройство БПЭ не причиняет вредных помех, должно быть меньше самого критического порогового уровня (примерно 1,5 м), указанного в стандартах создания систем движения поездов;
 - указанные выше требования должны выполняться при всех типах планировки создания железных дорог в Японии.

В) Исследование сосуществования с устройствами АМ-радиовещания и морскими радиоустройствами

БПЭ для мобильных устройств и бытовых приборов		Действующие системы	
Технологии	Кандидатные диапазоны частот	АМ-радиовещание ⁽¹⁾ (526,5–1 606,5 кГц)	Морские радиоустройства ⁽²⁾ (405–526,5 кГц)
Магнитная связь (малой мощности для мобильных устройств)	6765–6795 кГц	Н/П	Н/П
Магнитная связь (малой мощности для бытовых приборов)	20,05–38 кГц	Не отвечает условиям сосуществования, поскольку обнаруженное требуемое расстояние разнеса намного превышает 10 м в качестве целевого требования	Н/П
	42–58 кГц		Н/П
	62–100 кГц		Отвечает условиям сосуществования при следующем: • не допускается использование систем БПЭ, излучающих мощность в диапазоне частот LORAN-C⁽³⁾
Емкостная связь (малой мощности для мобильных устройств)	425–524 кГц	Отвечает условиям сосуществования с указанными ниже примечаниями: • привлечение внимания пользователей к возможности помех АМ-радиоустройствам • для устранения отмеченных вредных помех в связи с устройствами БПЭ необходимо принимать надлежащие меры	Отвечает условиям сосуществования при следующем: • не допускается использование систем БПЭ, излучающих мощность в диапазонах частот NAVTEX и NAVDAT

Примечания к таблице 13 В):

Условия сосуществования при оценке.

- (1) АМ-радиовещание. Устройство БПЭ не должно причинять вредных помех приемнику АМ-радиовещания на расстоянии по крайней мере 10 м на основе условий СИСПР для жилых районов. Модель системы предполагает наличие множества устройств БПЭ и находящихся в зданиях АМ-радиоприемников. Были проведены испытания на местах в согласованных наихудших условиях сценариев использования с использованием разных частот, числа устройств БПЭ, расстояний разнеса, а также районов с высоким и низким уровнями фонового городского шума. Кроме того, упоминался класс В группы 2 СИСПР 11.
- (2) Морские радиоустройства. Устройство БПЭ не должно причинять вредных помех. Оценка показала, что предложенная система БПЭ в основном может сосуществовать с морскими радиосистемами. Но необходимо отметить, что следующие частоты в диапазоне частот, рассматриваемом в данном исследовании, используются для обеспечения безопасности морской навигации. Поэтому эти частоты были исключены для использования: i) NAVTEX 518 кГц (424 кГц, 490 кГц); ii) NAVDAT 495–505 кГц. Кроме того, гармоники не должны попадать в полосу морской радиосвязи ОБЧ (156–162 МГц), которая используется на международной основе.
- (3) LORAN-C, eLORAN (90–100 кГц). Операторы морской радиосвязи отмечают, что этот спектр не должен предоставляться для использования БПЭ.

С) Сосуществование любительских радиоустройств и систем общественного радио

БПЭ для мобильных устройств и бытовых приборов		Действующие системы	
Технологии	Кандидатные диапазоны частот	Любительские радиоустройства ⁽¹⁾ (135,7–137,8 кГц, 472–479 кГц)	Системы общественного радио ⁽²⁾ (6765–6795 кГц)
Магнитная связь (малой мощности для мобильных устройств)	6765–6795 кГц	Отвечает условиям сосуществования при следующем: не допускается использование систем БПЭ, передающих мощность в диапазонах частот любительского радио	Отвечает условиям сосуществования при обеспечении конкретных пределов излучений
Магнитная связь (малой мощности для бытовых приборов)	20,05–38 кГц		Н/Д
	42–58 кГц		Н/Д
	62–100 кГц		Н/Д
Емкостная связь (малой мощности для мобильных устройств)	425–524 кГц		Н/Д

Условия сосуществования при оценке.

- (1) Любительские радиоустройства. Для емкостной связи полоса 472–479 кГц относится к внутриполосному использованию (совместное использование одного и того же спектра). Для любительских радиоустройств не обнаружено никаких официальных требований или правил в отношении уровня помех от других систем. Но достигнуто соглашение об исключении этой полосы, распределенной любительской службе радиосвязи, из рабочего диапазона частот БПЭ и установлении соответствующего сдвига частоты.
- (2) Системы общественного радио. В Японии полоса 6765–6795 кГц не обозначена как полоса ПНМ. Но нормативными положениями разрешается использование приложений БПЭ в этой полосе. Были согласованы новые пределы излучений для продуктов БПЭ в этой полосе, которые могут дать возможность сосуществования с действующими системами и возможность более высокой мощности передачи в этой полосе.

ТАБЛИЦА 14

Краткий обзор результатов исследований в области сосуществования БПЭ для ЭМ в Японии

БПЭ для ЭМ	Действующие системы				
Кандидатные диапазоны частот	SCRD ⁽¹⁾ (40 кГц, 60 кГц)	ATS ⁽²⁾ (10–250 кГц)	ITRS ⁽³⁾ (10–250 кГц)	АМ-радиовещание ⁽⁴⁾ (526,5–1606,5 кГц)	Любительские радиоустройства ⁽⁵⁾ (135,7–137,8 кГц)
42–48 кГц	Не отвечает условиям сосуществования	Оценка не проводилась, поскольку не выполнено другое условие	Отвечает условиям сосуществования	Отвечает условиям сосуществования с указанными ниже примечаниями: • привлечение внимания пользователей к возможности помех приемникам АМ-радиовещания • для устранения отмеченных вредных помех в связи с устройствами БПЭ необходимо принимать надлежащие меры	Отвечает условиям сосуществования с указанным ниже примечанием: • не допускается использование систем БПЭ, передающих мощность в диапазонах частот любительской радиосвязи
52–58 кГц	Не отвечает условиям сосуществования	Оценка не проводилась, поскольку не выполнено другое условие	Отвечает условиям сосуществования		
79–90 кГц	Отвечает условиям сосуществования с указанным ниже примечанием: • привлечение внимания пользователей к возможности помех радиоустройствам, принимающим сигналы точного времени	Отвечает условиям сосуществования со следующим требованием: • следует сохранять минимальное расстояние разнеса в 4,8 м от железно-дорожных рельсов	Отвечает условиям сосуществования со следующими требованиями: • следует сохранять минимальное расстояние разнеса в 45 м от железно-дорожных рельсов • это техническое требование следует применять только к работе однопутевых путей с использованием частот 80 кГц и 92 кГц		
140,91–148,5 кГц		Оценка не проводилась, поскольку не выполнено другое условие	Не отвечает условиям сосуществования		

Примечания к таблице 14:

Условия сосуществования при оценке.

- (1) Радиоустройства, принимающие сигналы точного времени. Устройства БПЭ не должны причинять вредных помех, определяемых с помощью отношения C/I , которое в согласованных сценариях использования рассчитывается на основе минимальной чувствительности приемника радиоустройств, принимающих сигналы точного времени. Расстояние разнеса в 10 м использовалось в качестве одного из критериев сосуществования. Были приняты во внимание дополнительные меры в отношении времени работы, когда отсутствует перекрытие между БПЭ и радиоприемником, принимающим сигналы точного времени, изменения направленности распространения радиоволн и возможного улучшения качества работы.
- (2), (3) ATS и ITRS. Устройства БПЭ не должны причинять вредных помех в работе при фактических сценариях использования. Критерии для сосуществования являются следующими: i) полоса частот БПЭ не должна перекрываться с частотой, используемой для систем сигнализации и связи при движении поездов, включая ATS; или ii) расстояние разнеса до устройств ATS/ITRS, на котором устройство БПЭ не причиняет вредных помех, должно быть меньше самого критического порогового уровня (примерно 1,5 м), указанного в стандартах создания систем движения поездов. Эти требования i) и ii) должны выполняться при всех типах планировки создания железных дорог в Японии.
- (4) АМ-радиовещание. Устройство БПЭ не должно причинять вредных помех приемнику АМ-радиовещания на расстоянии по крайней мере 10 м на основе условий СИСПР для жилых районов. Были проведены испытания на местах с использованием передатчика и приемника БПЭ, установленных на имитации вагона, в согласованных наихудших условиях сценариев использования, при которых седьмые гармоники БПЭ частотой $F_c = 85,106$ кГц попадают в канал 594 кГц службы АМ-радиовещания, покрывающий обширную область региона Канто в Японии. Также была проведена оценка слышимости.
- (5) Любительские радиоустройства. В этом случае имеет место использование спектра за пределами полосы (а не совместное использование одного и того же спектра). Кандидатные диапазоны частот для БПЭ для ЭМ имеют надлежащие смещенные частоты (защитную полосу) для отстройки от полос любительской радиосвязи. Поэтому снижение чувствительности приемника под действием (внеполосных) помех не учитывается, однако учитываются уровни эмиссионных излучений гармоник (побочных излучений) от устройств БПЭ, в случае если они попадают в полосы любительской радиосвязи. Если в качестве критериев взять нормы на уровни излучений, приведенные в законе Японии о радио, и другие соответствующие правила, то текущие допущения относительно систем БПЭ для ЭМ указывают на приемлемые параметры систем, что свидетельствует о возможности не причинения вредных помех любительским радиоустройствам.

7.1.2 Корея

В Корее с 2009 года для систем БПЭ для тяжелых автотранспортных средств используются диапазоны частот 19–21 кГц и 59–61 кГц. Уровень мощности для беспроводной зарядки электрических автобусов составляет около 100 кВт. С 2011 года Корея расширяет применение БПЭ в различных региональных центрах, таких как Сеул (автобус-шаттл до Сеул-Гранд-Парка), Тэджон (автобус-шаттл до KAIST), Седжон (новый административный внутригородской автобус), Куми (внутригородской автобус до промышленного комплекса) и т. д. Кроме того, в мае 2011 года правительство Кореи выделило полосу частот (19–21 кГц и 59–61 кГц) для оборудования беспроводной связи (frequency application equipment), включая технологию БПЭ, и поддержало проведение соответствующего исследования воздействия для обеспечения защиты существующих частотных ресурсов и/или служб, работающих в соседней полосе.

Результаты испытаний, основанные на уже предложенном методе измерения реальных эксплуатируемых систем, представлены в Приложении 4. Это результаты испытаний на месте на расстоянии каждые 10 м, 30 м, 50 м и 100 м от стационарной зарядной станции для автобусов (около 100 кВт).

Кроме того, сообщается о проведении исследования воздействия на японские радиочасы, работающие на частоте 60 кГц, и диапазон НЧ ЕРС (148,5–283,5 кГц) при тех же условиях на реальных коммерческих объектах.

Вывод: на расстоянии 100 м прямую связь между помехами от стационарных мощных систем БПЭ для японских радиочасов и диапазона НЧ ЕРС обнаружить трудно. Расстояние 100 м соответствует традиционному методу измерения электрического поля, а также закону о радиосвязи, призванному обеспечивать защиту любых других служб беспроводной связи (frequency services). Поэтому при использовании мощных стационарных систем БПЭ необходимо строго соблюдать это расстояние разнеса.

В Приложении 5 корейские мобильные устройства БПЭ, работающие в диапазоне частот 100–300 кГц, в соответствии с Законом о радиоволнах отнесены к устройствам со слабым электромагнитным полем. Для выхода на корейский рынок устройства БПЭ, использующие диапазон 100–300 кГц, должны соответствовать нормативным требованиям по предотвращению любых вредных помех для других систем. По существу, для устройств со слабым электромагнитным полем при соблюдении нормативных требований разрешено использование любой частоты БПЭ, включая диапазон 100–300 кГц, за исключением некоторых конкретных запрещенных частот.

В Приложении 5 представлены данные измерения электромагнитных помех от системы БПЭ для мобильных устройств, использующих технологию магнитной индукции, и их соответствия европейским стандартам и требованиям СИСПР 11, а также корейским нормам.

7.1.3 Германия

В январе 2016 года в Германии были проведены измерения – в безэховой камере – системы БПЭ для зарядки электромобилей и представлены их результаты. Напряженность поля системы БПЭ, работающей на частоте 85 кГц, измерялась в диапазоне от 20 кГц до 1,5 МГц и сравнивалась с предельными значениями, указанными в ETSI EN 300 330-1 для индукционных SRD.

Измерения проводились в разных плоскостях поляризации, при этом рассматривались только результаты, полученные в плоскости с максимальным излучением. Для обеспечения прямого сравнения с предельными значениями ETSI EN 300 330 учитывались только результаты измерений на расстоянии 10 м, поскольку это нормативное расстояние, определенное в вышеуказанном стандарте ЕТСИ.

Результаты измерений на расстоянии 10 м показывают, что:

- в целом побочные излучения несколько выше, когда автомобиль расположен не точно над центром зарядной катушки (максимальное смещение). Однако эта разница меньше, чем при рассмотрении разных направлений измерения (спереди/сзади/слева/справа);
- спереди и сзади уровни побочных излучений, как правило, выше, чем сбоку;
- напряженность поля (мощность несущей) внутри тестируемого канала составляет от примерно 71 дБмкА/м (без смещения) до 75 дБмкА/м (при максимальном смещении). Это превышает предельные значения ETSI EN 300 330-1 соответственно на 4 и 8 дБ. ЕТСИ опубликовал стандарт EN 303 417 "Системы беспроводной передачи энергии с использованием технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча, в диапазонах частот 19–21 кГц, 59–61 кГц, 79–90 кГц, 100–300 кГц, 6765–6795 кГц; согласованный стандарт, охватывающий основные требования Статьи 3.2 Директивы 2014/53/EU";
- уровни побочных излучений в диапазоне частот стандартных сигналов времени (ниже 85 кГц) значительно ниже предельных значений ETSI EN 300 330-1, как правило, на 20 дБ;
- уровни побочных излучений на частотах гармоник ниже 1,5 МГц превышают предельные значения ETSI EN 300 330-1 на 20 дБ. Следует отметить, что испытанная система БПЭ была прототипом, который все еще находится в стадии разработки, а следовательно, не может представлять окончательную промышленную конструкцию.

7.2 Общие исследования воздействия БПЭ на службы радиовещания и их результаты

Служба радиовещания имеет следующие распределения на первичной основе в полосах НЧ- и СЧ-диапазонов:

- 148,5–283,5 кГц в Районе 1;
- 526,5–1606,5 кГц в Районах 1 и 3;
- 525–1705 кГц в Районе 2.

Распределения в обоих диапазонах используются для АМ-радиовещания и/или DRM (Всемирного цифрового радио).

Приведенный ниже анализ посвящен только звуковому АМ-радиовещанию.

Для обеспечения сосуществования систем БПЭ со службами радиовещания должно быть рассмотрено их воздействие на радиовещательные службы во всех радиосредах, например в сельских, пригородных и городских районах.

В пункте 7.2.1 содержится описание исследования, основанного на аналитическом подходе с использованием критериев защиты служб радиовещания из Рекомендаций и Отчетов МСЭ-R. В нем выводится максимально допустимая напряженность магнитного поля, создаваемая БПЭ в радиовещательном приемнике в НЧ- и СЧ-диапазонах. Полученные предельно допустимые значения напряженности магнитного поля почти совпадают с уровнем шума окружающей среды в тихой сельской местности, указанным в Рекомендации МСЭ-R P.372.

В пункте 7.2.2 описано исследование воздействия в городских и пригородных районах, проведенное административным комитетом Японии. Основное требование для сосуществования систем БПЭ со службами радиовещания в этом исследовании заключается в том, чтобы уровень излучения от БПЭ на входе радиоприемника был ниже уровня шума окружающей среды в деловой зоне, указанного в Рекомендации МСЭ-R P.372. Предельные уровни излучения в радиовещательной полосе в СЧ-диапазоне на расстоянии 10 м от приемников БПЭ определяются другим методом из вышеупомянутого аналитического исследования. Этот подход включает измерение излучения и тесты на слышимость помех радиовещательной службе на стенде для испытания на излучения.

7.2.1 Анализ воздействия систем БПЭ на радиовещательные службы

7.2.1.1 Критерии защиты и допустимые помехи

Рекомендация МСЭ-R BS.703 "Характеристики эталонных радиовещательных АМ-приемников для целей планирования" устанавливает минимальную чувствительность радиовещательного АМ-приемника для целей планирования следующим образом:

- диапазон 5 (НЧ) – 66 дБмкВ/м;
- диапазон 6 (НЧ) – 60 дБмкВ/м.

В Рекомендации МСЭ-R BS.560 "Защитные отношения по радиочастоте в НЧ-, СЧ- и ВЧ-радиовещании" описываются применимые защитные отношения для защиты от помех между радиовещательными АМ-сигналами. Хотя излучение БПЭ не является радиовещательным сигналом, оно может принимать форму (главным образом) немодулированной несущей, и в этом отношении с точки зрения приемника фактически очень похоже на радиовещательный АМ-сигнал во время паузы или тихого прохода. Таким образом эти защитные отношения можно считать хорошей основой для получения предельных значений излучения БПЭ.

7.2.1.2 Определение максимально допустимой напряженности магнитного поля, создаваемой установками БПЭ в радиоприемнике

Часть любого ограничения интенсивности излучения – это определение расстояния от источника помех, на котором должен применяться конкретный предел напряженности поля. Эта задача может быть решена абсолютно независимо от вопроса о величине этого предела.

- Первым шагом является рассмотрение значений напряженности полезного и мешающего поля в радиоприемнике независимо от того, на каком расстоянии от источника помех он находится. Если указано расстояние, то это сделано лишь для того, чтобы установить напряженность поля.
- На втором шаге рассматривают необходимые предположения о расстоянии разнеса и факторы, влияющие на распространение волн между источником помех и радиоприемником, а также сценарии использования БПЭ (от маломощных зарядных устройств для мобильных телефонов и т. д. до мощных зарядных устройства для тяжелых электрических транспортных средств).

Тогда на первом шаге можно установить пределы выше уровня помех, создаваемых БПЭ в полосе АМ-сигнала.

Важно отметить, что излучаемые помехи, вызванные оборудованием БПЭ, могут возникать:

- от гармоник основной частоты БПЭ; например, зарядное устройство БПЭ для электромотоцикла, использующее частоту в полосе 79–90 кГц, может генерировать гармоники в полосе НЧ-радиовещания (от 148,5 до 283,5 кГц – 2-я гармоника) и в полосах СЧ-радиовещания (от 526,5 до 1606,5 кГц и от 525 до 1705 кГц – 6-я гармоника и выше); или
- от основной частоты самой БПЭ; от зарядного устройства БПЭ, использующего частоту в полосе радиовещания.

Начав с рекомендуемых аспектов планирования критериев защиты, которые приведены в Рекомендациях МСЭ-R BS.703 и МСЭ-R BS.560, и отмечая, что в бытовых радиоприемниках обычно используются ферритовые антенны, которые реагируют на компонент H магнитного поля волны, при рассмотрении пределов излучения оборудования БПЭ удобно использовать соответствующие значения напряженности магнитного поля. В предположении условий распространения в свободном пространстве для дальней зоны (которые применяются к принимаемому радиовещательному сигналу на приемной антенне) соотношение между электрическим и магнитным полями (из уравнений Максвелла) является следующим:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \text{ Ом},$$

где μ_0 – магнитная проницаемость свободного пространства, а ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость свободного пространства.

Это означает, что применимы следующие коэффициенты пересчета:

$$H_{\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{\left(\frac{\mu V}{m}\right)} \cdot \frac{1}{377},$$

которые можно выразить как

$$H_{\text{дБ}\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{\text{дБ}\left(\frac{\mu V}{m}\right)} - 51,5 \text{ дБ}.$$

Таким образом чувствительность приемника в НЧ- и СЧ-диапазонах (в пункте 7.2.1.1) можно также выразить соответственно как 14,5 дБмкА/м и 8,5 дБмкА/м.

Защитные отношения для АМ-радиовещания включают два компонента:

- защитное отношение (PR) по совмещенному каналу необходимо, когда помеха и несущая полезного сигнала передаются практически на одной и той же частоте (так что частота любого биения между ними будет ниже слышимого диапазона; в этом случае главной причиной слышимого нарушения является модуляция помехи);
- дополнительное относительное PR, которое добавляется, когда имеется смещение между частотами полезного сигнала и помехи, что вызывает непрерывный тон биений; эта коррекция зависит от смещения частоты, прежде всего потому, что частотная характеристика человеческого уха далека от "плоской".

Пока частоты устройств БПЭ не будут тщательно выравнены с радиовещательным частотным растром, необходимо добавлять дополнительное относительное PR для работы в несовмещенном канале. Предположив, что частота БПЭ неконтролируема, можно рассмотреть наихудший случай. Рисунок 1 Рекомендации МСЭ-R BS.560 показывает, что наибольшее относительное PR составляет приблизительно 16 дБ, что соответствует смещению частот около 2 кГц.

В наихудшем случае это относительное PR нужно добавить к PR по совмещенному каналу в 40 дБ, что дает общее PR для помех, создаваемых БПЭ АМ-вещанию, $(40 + 16) = 56$ дБ.

Поэтому максимально допустимая напряженность поля БПЭ в месте расположения радиоприемника определяется путем вычитания этого PR из чувствительности приемника.

Максимально допустимая напряженность магнитного поля БПЭ в месте расположения вещательного радиоприемника:

- диапазон 5 (НЧ) $(14,5 - 56) = -41,5$ дБмкА/м;
- диапазон 6 (НЧ) $(8,5 - 56) = -47,5$ дБмкА/м.

Видно, что эти значения меньше чем:

- антропогенные и внешние шумы в диапазоне НЧ; см. Рекомендацию МСЭ-R P.372 по радиошумам; и
- -15 дБмкА/м на расстоянии 10 м в полосе 10 кГц, рекомендуемое для SRD, работающих в диапазоне 148,5 кГц – 5 МГц, согласно Рекомендации ERC 70-03 [3], Приложение 9.

Однако для этого есть веские основания:

- тон биений, вызванный тем, что частота несущей помехи смещена относительно частоты принимаемого радиовещательного сигнала, мешает больше, чем шум того же уровня; это вытекает из сравнения рекомендуемых защитных отношений, приведенных выше, с отношениями несущая–шум, которые считаются приемлемыми для АМ-вещания (см. Примечание ниже);
- эти же защитные отношения применимы к другим потенциально мешающим радиовещательным сигналам при планировании радиовещания (см. Приложение 6) – нельзя применять к нерадиовещательным (нелицензируемым) источникам помех менее строгие правила, чем к радиовещательным передачам, имеющим распределение на первичной основе в этом диапазоне частот в Районе 1;
- уровни шума в НЧ-диапазоне широко варьируются в зависимости от местоположения на земном шаре, времени года и времени суток, поэтому Рекомендация МСЭ-R P.372 требует очень тщательной интерпретации; НЧ-радиовещание используется в тех частях мира, где уровни шума приемлемы (например, в тропиках НЧ-радиовещание не используется);
- ограничения для SRD в Рекомендации 70-03 [3] (относящиеся к Европе) получены при определенных предположениях относительно расстояния от радиоприемников, ожидаемого для рассматриваемых типов SRD, наряду с вероятной прерывистостью их использования; для повсеместно используемых бытовых приборов, которые эксплуатируются дома в течение значительных периодов времени, эти предположения нуждаются в пересмотре.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Уровень сигнала АМ-радиопередачи определяется как уровень несущей. В Рекомендации МСЭ-R BS.703, по существу, устанавливается минимальный уровень несущей, который можно рассматривать как предоставление услуги, и, следовательно, определяется граница зоны обслуживания. Действительно, радиовещательные организации и те, кто планирует частоты, используют этот показатель для принятия решений. Он основан на отношении уровня полезного звукового сигнала к случайному шуму, равному 26 дБ. Модуляция дает лишь небольшое количество дополнительной энергии в (несущих информацию) боковых полосах. Если предположить⁶, что среднеквадратичная глубина модуляции составляет 0,2 (20%), то мощность несущей примерно на 14 дБ выше мощности модуляции в боковых полосах. По сравнению с мощностью несущей мощность в боковых полосах пренебрежимо мала и добавляет в общей сложности менее 4%. С учетом этого типичного соотношения между боковыми полосами и несущей в Рекомендации МСЭ-R BS.560 указывается, что защитное отношение относительно источника помех, которое должна обеспечить данная служба, составляет 40 дБ. Если несущие находятся на одной и той же частоте и если предположить, что глубина модуляции двух программ одна и та же, то это, в свою очередь, определяет отношение полезного звукового сигнала к мешающему звуковому сигналу (от создающей помехи станции) в 40 дБ. Очевидно, что это несколько выше отношения полезного сигнала к случайному шуму, потому что мешающий звуковой сигнал в большей степени препятствует восприятию полезного звукового сигнала и сигналы в верхней и нижней звуковых полосах коррелированы, а случайный шум – нет.

Это в свою очередь означает, что на границе зоны обслуживания, как она определяется требованием к минимальной чувствительности приемника для целей планирования, уровень мешающего сигнала должен быть на 40 дБ ниже. В случае СЧ это 60 дБмкВ/м (из пункта 7.2.1.1, выше, выражено в виде

⁶ Работа, проведенная Би-би-си в 2007 году, показала, что среднеквадратичная глубина модуляции в АМ-передачах варьируется примерно от 20% для речи до 40% для сильно сжатой поп-музыки. АМ-радио используется в основном для передачи речи, поэтому это следует рассматривать как наихудший случай.

напряжения) минус 40 дБмкВ/м = 20 дБмкВ/м. Если между несущими есть смещение, то сам компонент несущей становится гораздо более значительным источником помех, поскольку он на 14 дБ сильнее модуляции и гораздо сильнее нарушает звук. Как отмечалось выше, в этой ситуации любая модуляция становится незначительной, и ею можно пренебречь. В Рекомендации МСЭ-R BS.560 признается, что это требует дополнительной защиты в 16 дБ от одной синусоидальной волны. Для всех практических целей однотонные помехи от оборудования БПЭ будут проявляться в приемнике так же, как помехи от другой несущей, потенциально смещенной по частоте, и должны рассматриваться как таковые. Тот факт, что они не модулированы, не имеет значения, как и в случае помех от другой радиослужбы.

7.2.1.3 Рассмотрение факторов, связанных с расстоянием и распространением

Необходима классификация зарядных устройств БПЭ по:

- назначению (от маломощных зарядных устройств для мобильных телефонов и т. п. до мощных зарядных устройств для грузовых ЭМ);
- применению внутри и снаружи зданий;
- выходной мощности;
- механизму связи;
- бытовому и небытовому использованию.

Это помогло бы сделать наиболее подходящие предположения о минимальном расстоянии разноса и факторах, связанных с распространением.

Например, маломощные зарядные устройства для мобильных телефонов и НЧ/СЧ-радиоприемников предназначены для использования в домашних условиях, возможно, в одной и той же комнате. Поэтому большие расстояния разноса для них недостижимы. По этой причине предлагается применять приведенные выше предельные значения напряженности магнитного поля на расстоянии 1 м от устройства БПЭ. Другой пример: более разумным расстоянием разноса между зарядным устройством БПЭ для автобуса и бытовым вещательным радиоприемником было бы 10 м, однако, принимая во внимание тот факт, что на большой автобусной станции, вероятно, будет несколько (много) одновременно работающих систем зарядки, каждая из которых вносит вклад в создание шумовой среды, необходимо учитывать общий эффект.

РИСУНОК 24

Многоквартирный дом в Лондоне



Report SM.2303-24

На рисунке 24 показаны нижние этажи жилого дома на юго-востоке Лондона. Видно, что первый этаж отведен под гаражи, над которыми расположены квартиры. Высота потолков гаражей около 2,3 м. Резонно предположить, что радиоприемник, работающий в одной из квартир второго этажа, может находиться не более чем в 3 м от пола гаража и, следовательно, не более чем в 3 м от по меньшей мере одного зарядного устройства БПЭ, предназначенного для зарядки автомобилей в гараже. Три зарядных устройства могут находиться в пределах 3 м и еще несколько в пределах 10 м. Возможны и другие

сценарии, когда расстояние между зарядным устройством для автомобиля и приемником в соседней квартире не превышает 3 м. Магнитное поле уменьшается при удалении от источника излучения и увеличивается при приближении к источнику с кубом расстояния. Следовательно, отношение магнитных полей на расстоянии 3 м и 10 м $(10/3)^3 = 37,0$. При измерении в единицах дБмкА/м эта разница составляет $20 \cdot \log_{10}(37) = 31$ дБ. Таким образом, чтобы получить эквивалентную напряженность поля на расстоянии 10 м, необходимо применить поправочный коэффициент 31 дБ. В случае зарядного устройства для автомобиля допустимая напряженность магнитного поля в 10 м от зарядного устройства должна быть на 31 дБ меньше значения, рассчитанного для защиты радиоприемника. Для других сценариев должны использоваться другие расстояния и другие поправочные коэффициенты.

Краткие эксперименты (о которых сообщалось в августе 2015 года) подтвердили, что помехи от устройств БПЭ для радиоприема действительно имеют место даже при меньшей мощности БПЭ.

7.2.1.4 Стратегии ослабления влияния помех

Ясно, что существует большой разрыв между уровнями помех, допустимыми для вещательных радиоприемников, и уровнями, разрешенными для устройств ПНМ. Обычно это не проблема, потому что такие устройства работают в контролируемых условиях и физически отделены от вещательных (или любых других) радиоприемников, которые могут быть затронуты. Можно принять меры для защиты лицензированных радиослужб. В случае зарядных устройств БПЭ для автомобилей контролируемое использование гарантировать труднее. Кажется маловероятным, что можно ослабить блуждающее излучение от устройства БПЭ до уровня, необходимого для обеспечения защиты службы радиовещания, поэтому необходимо найти альтернативную стратегию.

Для начала уровни защиты приемника могут быть ослаблены на 16 дБ (относительное защитное отношение), если частота источника помех, включая все соответствующие гармоники, будет совпадать с несущими частотами СЧ-передач. В Районах 1 и 3 МСЭ частоты НЧ- и СЧ-несущих лежат в фиксированном растре, причем каждая частота кратна 9 кГц. В Районе 2 МСЭ частоты СЧ-несущих лежат в фиксированном растре, причем каждая частота кратна 10 кГц. Следовательно, если частоты зарядных устройств будут кратны 9 кГц или 10 кГц соответственно, они и все их гармоники автоматически окажутся в радиовещательном частотном растре.

Хотя в некоторых отдельных случаях этого может оказаться вполне достаточно, вероятно, в целом этого будет недостаточно, чтобы сократить разрыв между требованиями, предъявляемыми к вещательным радиоприемникам и, например, к устройствам зарядки электромобиля в бытовых условиях. Опять же разрыв можно устранить путем тщательного выбора рабочей частоты устройства БПЭ, но теперь вместе с размещением этой частоты и (что важно) ее гармоник в радиовещательном растре их нужно установить так, чтобы они были достаточно разнесены (спектрально) с частотами, используемыми радиовещательными службами в том месте, где работает устройство БПЭ. Фактически частоты, используемые для устройств БПЭ, должны планироваться по тем же принципам, что и радиовещательные передачи, в противном случае они будут мешать друг другу. Важно отметить, что эта стратегия значительно упрощается, если частоты БПЭ находятся в том же растре, что и частоты радиовещания. Описание процесса планирования радиовещательной передачи приведено в Приложении 6.

7.2.1.5 Дальнейшая работа

Описанные в предыдущем разделе методы ослабления влияния помех составляют основу инструментария. Этот инструментарий должен быть разработан с гораздо большей детализацией, что еще не сделано. В частности, необходимо охватить нижеследующие области.

Точность и стабильность частоты. В идеале частота устройства БПЭ будет точно и последовательно лежать в растре 9 кГц или 10 кГц, в зависимости от обстоятельств, для обеспечения того, чтобы она и ее гармоники были точно согласованы с частотами радиовещательных станций. Вполне вероятно, что на практике можно допустить некоторые небольшие статические и динамические отклонения, но в этом случае должны быть установлены точные допуски. Здесь имеются два фактора. Во-первых, важно, чтобы никакое смещение частоты не приводило к появлению тонов биений в пределах слышимого диапазона. Биения происходят на разностной частоте между частотами БПЭ и широковещательной станции, а нижний предел слышимого диапазона частично устанавливается

посредством фильтрации звука в приемнике. На практике возможны некоторые отклонения рабочей частоты устройства БПЭ, поскольку оно должно оптимизироваться для устранения неточности физического выравнивания между частотами зарядного и заряжаемого устройств.

Модуляция заряжающего поля. Это следует из предыдущего пункта. Предполагается, что зарядное устройство БПЭ можно использовать для передачи данных в заряжаемое устройство, модулируя каким-либо образом заряжающее (магнитное) поле. Для связи в другом направлении потребуется отдельная система. Любая попытка модуляции заряжающего поля будет проявляться в виде боковых полос. Должны быть установлены ограничения на эту энергию боковых полос, потому что они могут создавать помехи радиовещательным службам, даже если основная частота точно согласована с растром. Необходимо рассмотреть предполагаемые схемы модуляции. В случае зарядного устройства большой мощности логично предположить, что есть более простые способы связи на очень малых расстояниях, чем модуляция мощного заряжающего поля.

База данных доступных частот. В любом отдельном географическом местоположении будет своя дальность приема НЧ- и СЧ-передач. По этой причине диапазон доступных (не создающих помех) частот для зарядных устройств БПЭ в разных местах будет разным. Поэтому зарядное устройство должно "знать", где оно (географически) расположено, и иметь доступ к базе данных используемых частот. Разумеется, это также потребует некоторой способности перестройки частоты.

Использование внерастровых частот. С учетом "знания" своего местоположения и условий НЧ- или СЧ-радиовещания можно использовать частоты вне радиовещательного раstra при условии определения всех недостатков этого метода и сохранения мощности поля в соответствующих пределах. Особый интерес представляют частоты в средних точках между частотами радиовещательного раstra. Четные гармоники будут лежать в растре, а нечетные – на границе между соседними вещательными каналами; это точка, в которой фильтр приемника может значительно уменьшить слышимые помехи.

Управление гармониками. Вероятно, что в СЧ-диапазоне, безусловно со стороны более высоких частот, помехи будут создавать только гармоники частоты зарядки более высокого порядка. Чем лучше контролируется энергия этих гармоник более высокого порядка, тем легче найти подходящую рабочую частоту для устройства БПЭ.

7.2.2 Исследование воздействия на радиовещательные службы и совместимости с ними в городских и пригородных районах, проведенное в Японии

В пункте 7.1.1 были кратко описаны исследования в области совместного использования спектра и сосуществования, проведенные в Японии в процессе принятия новых правил, а в данном пункте содержится детальное описание методики, использованной в исследовании воздействия БПЭ для электромобилей на службы радиовещания, и результаты оценки. Исследование проводилось РГ и одобрено Комитетом МСЭ (см. пункт 7.1.1).

7.2.2.1 Подход Японии к исследованию воздействия

При исследовании воздействия Япония делала акцент на следующие моменты.

1) Первоочередной задачей может быть совместимость системы БПЭ с действующими службами радиосвязи в городских районах

Коммерциализация систем БПЭ для ЭМ начнется главным образом с городских районов. Поэтому радиосреду и модели использования в городских районах необходимо тщательно изучить, чтобы они демонстрировали способность к беспрепятственному сосуществованию. В новых нормативных положениях Японии в отношении БПЭ указаны предельные уровни излучения, определенные по результатам исследования воздействия, ориентированного на городские районы.

При исследовании воздействия в целях обеспечения защиты служб радиовещания предельные уровни излучения от систем БПЭ должны быть ниже уровня шума окружающей среды, как указано в Рекомендации МСЭ-R P.372, где определены различные категории окружающей среды: деловая зона, жилые помещения, сельская местность, тихая сельская местность. Предполагается, что расстояние разнеса в пригородных и сельских районах больше, чем в городских районах, хотя уровень антропогенного шума в пригородных и сельских районах ниже.

Для оценки были приняты следующие предположения:

- требуемое для оценки расстояние разнота между системами БПЭ и ближайшим АМ-радиоприемником 10 м (см. стандарты СИСПР и др.);
- потери при распространении из-за стен зданий 10 дБ (из результатов исследований в Японии);
- собственные помехи (создаваемые системой БПЭ помехи другим беспроводным устройствам владельца) не рассматриваются.

2) Предельная мощность излучения систем БПЭ в диапазоне частот службы радиовещания соответствует действующим жизненным нормам

С тех пор как бытовые индукционные печи, соответствующие международным стандартам, таким как СИСПР 11, группа 2, класс В, и/или СИСПР 14-1, были выведены на рынок и получили широкое распространение, ни о каких вредных помехах и проблемах для других беспроводных систем от индуктивных печей не сообщалось. Такая же ситуация наблюдается во многих странах и регионах. Чтобы предотвратить создание вредных помех оборудованием БПЭ в частотном диапазоне служб АМ-радиовещания, были определены целевые предельные уровни излучения в соответствующем диапазоне с учетом существующих предельных значений излучения. Предельные уровни излучения, которые должны быть указаны в правилах, согласованы представителями служб радиовещания и сторонниками БПЭ.

3) Оценка в пригородных и сельских районах и защита действующих радиосистем с помощью нормативно-правовых актов

Ввиду наличия различных физических ограничений для измерений в ходе исследования участвовавшая в нем РГ не пришла к выводу, что воздействие на средневолновые вещательные радиоприемники приемлемо для сосуществования в случае использования приемников в деревянных домах, расположенных в районах с низким и средним уровнем шума окружающей среды. Однако даже в таких ситуациях вышеупомянутое не означает, что система БПЭ создает вредные помехи расположенным поблизости приемникам при каждом рабочем цикле БПЭ и на постоянной основе с учетом следующих статистических данных: среднего времени работы систем БПЭ для ЭМ (например, менее одного часа), относительно высокой доли пользователей, предпочитающих кратковременную зарядку (например, несколько десятков минут) по возвращении домой, и частота БПЭ находится в определенной полосе в зависимости от условий окружающей среды и установки.

С учетом вышеизложенных соображений представляется, что даже тогда, когда в некоторых случаях требуемые условия сосуществования недостижимы, существенные проблемы при приеме сигналов служб радиовещания возникать не должны. Можно напомнить пользователям о возможных вредных помехах для радиоприемников предупреждающим заявлением, прилагаемым к пользовательской инструкции системы БПЭ и/или изделию, например, следующего содержания: "Данное оборудование может создавать вредные помехи вещательным радиоприемникам в диапазоне средних волн".

Производителям БПЭ следует постоянно принимать соответствующие меры по снижению помех, чтобы уменьшить помехи до уровня ниже допустимого во избежание вредного воздействия на услуги радиовещания в пригородных и сельских районах.

В случае если система БПЭ создает неприемлемые помехи радиоприемникам, радиоадминистрации должны принять необходимые регуляторные меры/распоряжения для прекращения работы такой системы, причиняющей вредные помехи другим действующим радиосистемам.

7.2.2.2 Спецификации передачи энергии для измерений

Определены следующие спецификации систем БПЭ для ЭМ:

- технология БПЭ – магнитная связь (резонансная магнитная связь);
- область применения – зарядка легковых электромобилей во время парковки (статическая);
- диапазон частот – 79–90 кГц (так называемый диапазон 85 кГц);
- диапазон частот 79–90 кГц выбран в качестве основного частотного диапазона по результатам внутреннего исследования воздействия в Японии и итогам обсуждений в МЭК и SAE вопросов согласования в мировом масштабе;
- диапазон мощности передачи класс 3 кВт и класс 7,7 кВт; имеются в виду классы для пассажирских транспортных средств.

7.2.2.3 Предельные значения интенсивности излучения для оценки

Целевые предельные значения интенсивности излучения в диапазонах частот передачи энергии для исследований систем БПЭ были приняты исходя из предельных значений, указанных в регламенте ФКС, часть 18. Целевые предельные значения интенсивности излучения вне диапазона частот передачи энергии основаны на значениях, указанных в радиорегламенте Японии для бытовых индукционных печей. В диапазоне частот выше 150 кГц основанием служили нормы СИСПР 11, группа 2, класс В. Предполагаемые целевые предельные значения мощности излучения магнитного поля:

- а) диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):
 - 68,4 дБмкА/м на расстоянии 10 м для мощности передатчика 3 кВт;
 - 72,5 дБмкА/м на расстоянии 10 м для мощности передатчика 7,7 кВт;
- б) диапазон частот 526,5–1606,5 кГц (частотный диапазон АМ-радиовещания):
 - 2,0 дБмкА/м на расстоянии 10 м;
- с) диапазон частот, за исключением вышеуказанных диапазонов частот:
 - 23,1 дБмкА/м на расстоянии 10 м.

Сначала вышеуказанные целевые предельные уровни излучения были установлены для диапазонов частот до 526,5 кГц и свыше 1606,5 кГц. Однако на более поздних этапах Комитет решил принять предельные уровни СИСПР 11, группа 2, класс В, в диапазоне частот свыше 150 кГц, за исключением диапазонов частот АМ-радиовещания.

7.2.2.4 Аналитическое исследование, результаты измерений и испытания на слышимость

В соответствии с целевыми предельными уровнями излучения системы БПЭ для ЭМ не должны создавать вредных помех АМ-радиоприемникам, расположенным на расстоянии не менее 10 м от таких систем. Были проведены измерения излучения с использованием передатчика и приемников БПЭ на макете транспортного средства в согласованных наихудших условиях эксплуатации, когда угол поворота АМ-радиоприемников был выбран и установлен в нулевом направлении к принимаемому радиовещательному сигналу с учетом диаграммы направленности антенны. Кроме того, АМ-приемники были расположены на оси, вдоль которой направлена самая сильная волна мешающего излучения БПЭ с учетом диаграммы направленности катушек БПЭ. 7-я гармоника БПЭ $F_c = 85,106$ кГц попадает в канал АМ-радиовещания 594 кГц, который охватывает обширную область региона Канто Японии. Была также проведена оценка слышимости. Был подтвержден критерий удовлетворительного ослабления воздействия БПЭ для ЭМ на АМ-радиовещание.

Подробности описаны ниже.

- а) Основные условия исследования воздействия
 - Вначале РГ-БПЭ МПС определила следующие условия и сценарии использования для исследования воздействия.
 - Приемлемый максимальный уровень излучения (целевое предельное значение интенсивности излучения) составляет –2,0 дБмкА/м на расстоянии 10 м, что соответствует существующим предельным уровням излучения для бытовых индуктивных печей, работающих в диапазоне 526,5–1606,5 кГц (частотный диапазон АМ-радиовещания).
 - Собственные помехи выходят за рамки этого исследования воздействия. Понятие "собственные помехи" означает, что система БПЭ владельца создает помехи его собственному АМ-радиоприемнику.
 - АМ-радиоприемники расположены внутри домов или зданий. С другой стороны, система БПЭ для ЭМ находится за пределами домов или зданий. Следует учитывать потери при распространении из-за стен домов.
 - Расстояние разноса между системой БПЭ и АМ-радиоприемником составляет 10 м в предположении, что ближайший соседний дом находится на расстоянии более 10 м от дома владельца системы БПЭ.

- Предполагается, что приемники расположены в зоне высокой напряженности поля (напряженность принимаемого электрического поля более 80 дБмкВ/м) и в зоне средней напряженности поля (66 дБмкВ/м). Защита пользователей радиоприемников в зоне низкой напряженности поля (48 дБмкВ/м) также важна. Тем не менее исследование воздействия в РГ было сосредоточено на зонах с высокой и средней напряженностью поля, поскольку ожидается, что на начальном этапе системы БПЭ будут набирать популярность в городских районах, а уже затем распространятся в другие районы.

b) Аналитическое исследование

На следующем этапе воздействие БПЭ для ЭМ на АМ-радиовещание изучалось с использованием аналитического подхода. На этом этапе были согласованы и приняты следующие критерии.

- Допустимые предельные уровни излучения должны быть ниже уровня шума окружающей среды в определенном районе. Был принят предельный уровень излучения 26,0 дБмкВ/м на частоте 594 кГц на основании спецификации шума окружающей среды в деловой зоне согласно Рекомендации МСЭ-R P.372. Эта напряженность электрического поля (26,0 дБмкВ/м) преобразуется в напряженность магнитного поля (–25,5 дБмкА/м) в качестве приемлемого максимального уровня мешающего излучения в месте приема.
- Предполагается, что потери при распространении из-за стен домов и зданий между системой БПЭ и АМ-радиоприемником составляют 10 дБ на основании объявленных результатов конференции МИС, посвященной предсказанию радиовещания в СЧ-диапазоне (декабрь 1983 года).

Этот анализ предназначен для оценки воздействия на АМ-радиоприемник излучения магнитного поля путем расчета его уровня, когда получена и применяется измеренная мощность мешающего излучения. Для этой цели была согласована модель системы, имитирующая условие пункта а) и другие условия; а затем была рассчитана интенсивность мешающего излучения в месте расположения радиоприемника. Предполагалось, что система БПЭ для ЭМ расположена на расстоянии 10 м от ближайшего соседнего дома, в котором находился радиоприемник. АМ-радиоприемник находился внутри дома на расстоянии 50 см от окон. Параметры БПЭ, такие как интенсивность излучения (–15,6 дБмкА/м), и необходимые условия были такими же, как для системы БПЭ, указанной в качестве испытательного оборудования В для ЭМ в Приложении 3.

В этом аналитическом исследовании были сделаны следующие предложения.

- Расчетная интенсивность излучения, полученная в результате измерения напряженности поля, удовлетворяет критерию приемлемой интенсивности мешающего излучения.
- Измеренная интенсивность излучения, используемая для расчета, ниже целевого предельного значения интенсивности излучения –2,0 дБмкА/м более чем на 10 дБ, что указывает на наличие существенного запаса по интенсивности излучения. Это значение было утверждено, так как производители на этапах проектирования и испытаний обычно вводят запас на неопределенность в 10 дБ или более для своих пределов интенсивности излучения.
- В практических условиях интенсивность мешающего излучения от систем БПЭ достигает –25,6 дБмкА/м (= –15,6 дБмкА/м – 10 дБ), что примерно равно или меньше допустимой интенсивности мешающего излучения –25,5 дБмкА/м.

Приведенное выше соображение было принято РГ-БПЭ МИС. После этого согласованное целевое предельное значение интенсивности излучения –2,0 дБмкА/м в диапазоне частот АМ-радиовещания в Японии было признано приемлемым и одобрено в качестве нового нормативного положения в отношении БПЭ.

с) Измерение излучения магнитного поля

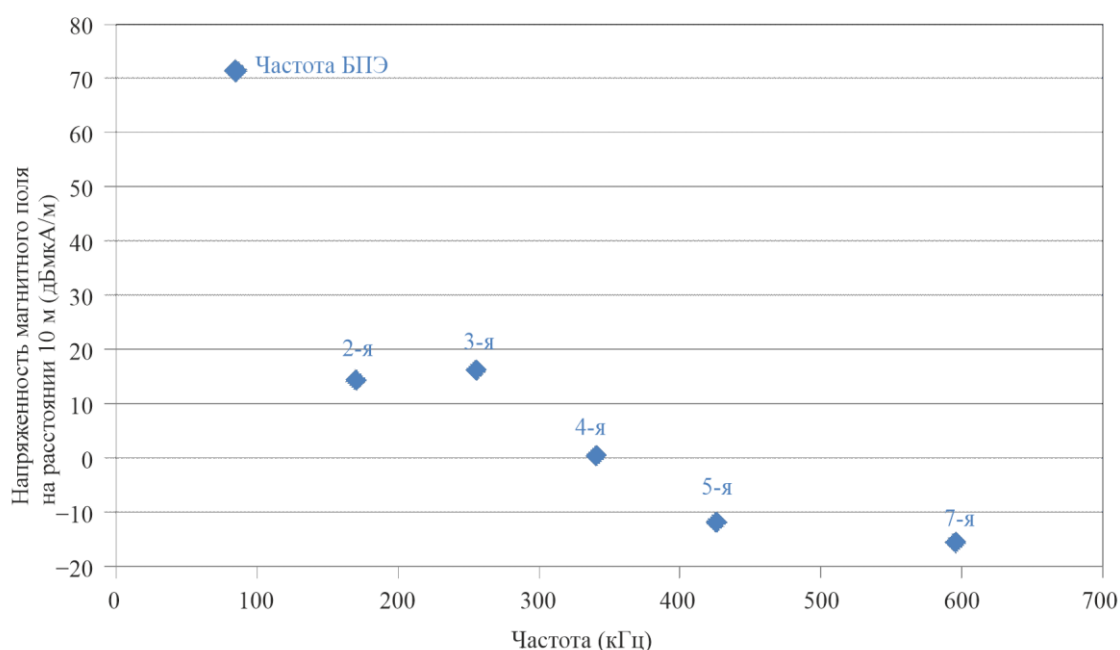
Для подтверждения результатов описанного выше аналитического исследования было проведено измерение излучения с использованием испытательного оборудования БПЭ и АМ-радиоприемников. Применялись следующие методы и условия.

i) Измерительная установка

Как упоминалось выше, в этом экспериментальном исследовании использовалось испытательное оборудование В для ЭМ, описанное в Приложении 3. Рабочая частота испытательного оборудования составляла 85,106 кГц. Мощность передачи на входе передающей катушки была равна 3 кВт. 7-я гармоника для этого оборудования БПЭ составляла 595,742 кГц. Измеренные уровни излучения на частоте БПЭ и гармоник испытательного оборудования В показаны на рисунке 25.

РИСУНОК 25

**Измеренная напряженность магнитного поля испытательного оборудования В
(квазипиковое значение)**



Report SM.2303-25

ПРИМЕЧАНИЕ. – 6-я гармоника не нанесена на график, так как она может быть построена под шкалой оси у.

d) Испытание на слышимость

i) Выбор АМ-радиоприемника

Для этого экспериментального исследования были подготовлены АМ-радиоприемники нескольких типов, включая высококачественные и портативные.

ii) Дата и место проведения

Дата проведения этого экспериментального исследования – с 1 июля по 2 июля 2014 года. Для этого экспериментального исследования использовалась открытая испытательная площадка Лаборатории Матсудо Технического центра электросвязи (TELEC). Лаборатория Матсудо находится в типичном жилом пригороде Токио.

iii) Канал и частота службы радиовещания

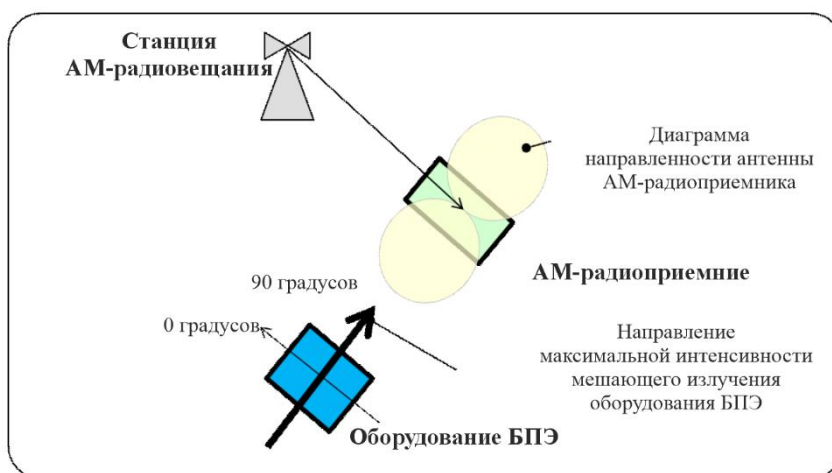
В районе Токио имеется канал АМ-радиовещания NHK Radio 1, работающий на частоте 594 кГц. Разность между частотой NHK Radio 1 и 7-й гармоникой испытательного оборудования В составляет около 1,7 кГц. Если 7-я гармоника испытательного оборудования В сильнее шума окружающей среды, то мы услышим шум с частотой 1,7 кГц.

Процедура испытания.

- Сначала были измерены с использованием анализатора спектра напряженность поля принимаемого сигнала АМ-радиовещания, интенсивность излучения гармоник оборудования БПЭ и уровень шума окружающей среды. При измерении приемную антенну ориентировали в вертикальном и горизонтальном направлениях магнитного поля. Оборудование БПЭ было размещено под углом 90° , что соответствует максимальной интенсивности принимаемого мешающего излучения. Эти операции проверки, которые учитывают направленность поляризации и излучения оборудования БПЭ, позволяют достичь максимальной интенсивности мешающего излучения. На рисунке 26 показаны условия наихудшего случая, соответствующие максимальному воздействию оборудования БПЭ на вещательные радиоприемники в ходе этого экспериментальном исследовании. На этом рисунке показано местоположение станции АМ-радиовещания, АМ-радиоприемников и оборудования БПЭ, а также указано соотношение между диаграммой направленности антенны радиоприемников и направлением максимальной интенсивности излучения оборудования БПЭ.

РИСУНОК 26

Условия измерений в ходе испытания на слышимость



Report SM.2303-26

- Затем было проведено испытание на слышимость, участники которого прослушали программы радиовещания в разных местах, удаленных на разные расстояния от оборудования БПЭ, включая 10 м и 3 м. В этом испытании расстояние разноса 10 м соответствует необходимым условиям для данного исследования воздействия. Испытание на расстоянии 3 м проводилось только как контрольное. Ориентация и углы поворота вещательных радиоприемников были выбраны исходя из наихудших условий приема радиовещательных сигналов с учетом диаграмм направленности антенн и поляризации этих приемников. В то же время ориентация и угол поворота вещательных радиоприемников были отрегулированы для достижения максимальной интенсивности мешающего излучения от оборудования БПЭ.
- iv) Результаты испытаний

Результаты измерения напряженности электрического поля на входе приемника показаны на рисунке 27. Напряженность поля АМ-радиопередачи составила около 100 дБмкВ/м, а уровень шума окружающей среды – около 60 дБмкВ/м, что намного выше предположения, указанного в пункте а). На этом рисунке указаны значения напряженности электрического поля, когда оборудование БПЭ включено и выключено. Разница между значениями при включенном и выключенном оборудовании БПЭ на этом рисунке не заметна, поскольку

уровень шума окружающей среды несколько выше уровня 7-й гармоники частоты оборудования БПЭ.

Результаты испытания на слышимость.

- АМ-радиоприемники, расположенные на расстоянии 10 м от оборудования БПЭ
Тон шума можно признать как очень слабый звук, заметный только на фоне очень тихих программ радиовещания, но не заметный на фоне обычных радиопрограмм. В целом тон шума при этих условиях испытаний не мешает обычным радиослушателям прослушивать радиопрограммы.
- АМ-радиоприемники, расположенные на расстоянии 3 м от оборудования БПЭ
Тон шума легко прослушивается на фоне относительно тихих радиопрограмм, например новостных. С другой стороны, на фоне насыщенных программ радиовещания, таких как музыкальные программы, шум тона едва слышен.

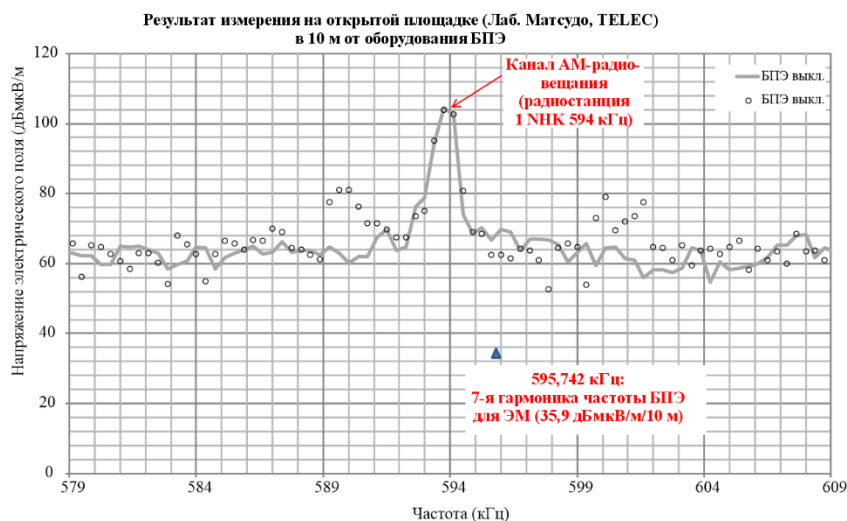
7.2.2.5 Оценка результатов исследования

При согласованных условиях испытаний и для принятых сценариев использования в городских районах интенсивность излучения магнитного поля, полученная методом аналитического исследования, а также измеренная с помощью испытательного оборудования БПЭ-ЭМ в полевых условиях, оказалась приемлемой (= не вредной) и соответствующей предельному значению интенсивности излучения $-2,0$ дБмкА/м в диапазоне частот АМ-радиовещания. Оценка слышимости подтвердила, что тон, создаваемый 7-й гармоникой БПЭ, попадающей в полосу канала АМ-радио в СЧ-диапазоне, был неразличимым при прослушивании радиопрограмм или неясно различимым во время очень тихих программ. Это продемонстрировало незначительное воздействие и отсутствие вредных помех для службы АМ-радиовещания. На основании этого результата в новых нормативно-правовых актах Японии для систем БПЭ было принято это предельное значение в частотном диапазоне службы АМ-радиовещания.

Эта методология измерения и оценки должна быть полезной для регуляторных органов радиосвязи, которые намерены разработать новые правила в отношении БПЭ для ЭМ в городских районах, где можно применить категорию окружающей среды "деловая зона" согласно Рекомендации МСЭ-R P.372.

РИСУНОК 27

Измеренная напряженность электрического поля канала АМ-радиовещания, когда БПЭ включена и выключена



7.3 Диапазоны частот 100/110–300 кГц для БПЭ

Отраслевые объединения организаций по разработке стандартов (ОПС) и производители продвигают для использования БПЭ диапазоны НЧ и ОНЧ; в исследованиях, проводимых в настоящее время, также рассматривается диапазон частот 100/110–300 кГц. Выражается обеспокоенность в отношении:

- использования низких частот, примыкающих к полосе радиовещания НЧ 148,5–255 кГц в Районе 1 или перекрывающих ее; а также
- неблагоприятного воздействия на службы радиосвязи и радионавигационные службы, использующие полосы НЧ-диапазона.

7.4 Диапазон частот 300–405 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств

Дальнейшие исследования, проведенные в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2129 "Руководство по использованию диапазонов частот для работы систем беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств", приведены в Отчете МСЭ-R SM.2449.

7.5 Диапазон частот 1700–1800 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств

Дальнейшие исследования, проведенные в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2129 "Руководство по использованию диапазонов частот для работы систем беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств", приведены в Отчете МСЭ-R SM.2449.

7.6 Диапазон частот 2000–2170 кГц для БПЭ для мобильных и переносных устройств

Дальнейшие исследования, проведенные в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.2129 "Руководство по использованию диапазонов частот для работы систем беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств", приведены в Отчете МСЭ-R SM.2449.

7.7 Диапазон частот 6765–6795 кГц для БПЭ

Другие рабочие группы выразили обеспокоенность по поводу возможности излучения нежелательной радиочастотной энергии, гармонически связанной с системами БПЭ, работающими в этой и в других полосах частот. В частности, Рабочие группы 7D и 6A выразили обеспокоенность по поводу 2-й гармоники энергии БПЭ в этой полосе ПНМ ($6765\text{--}6795\text{ кГц} \times 2 = 13\,530\text{--}13\,590\text{ кГц}$), которая перекрывается с полосой радиовещания ВЧ 13 570–13 870 кГц и находится близко к полосе 13 360–13 410 кГц, распределенной радиоастрономической службе на первичной основе.

По мнению экспертов, участвующих в изучении вопросов БПЭ, энергия в этом диапазоне частот обычно имеет линейчатый спектр (и, следовательно, полосы будут узкими). Однако существует некоторая вероятность нежелательных боковых полос по обе стороны от первичного излучения. Уровень этих боковых полос должен быть значительно ниже, но может зависеть от ряда факторов, включая конструкцию оборудования БПЭ, характеристики подаваемой нагрузки, фильтрацию/экранирование источника и нагрузки, степень связи с нагрузкой и, возможно, другие факторы.

Учитывая, что полоса 6765–6795 кГц является одной из полос, предназначенных для использования ПНМ-применениями, согласно пункту 5.138 РР (при условии утверждения администрацией), а также принимая во внимание меры по обеспечению защиты от помех для служб радиосвязи в соответствии с пунктом 15.13 РР, необходимы дополнительные исследования для гарантии того, что нежелательная радиочастотная энергия (включая энергию гармоник) от БПЭ будет оставаться на таком уровне, который не приводит к созданию вредных помех службам радиосвязи, работающим в других диапазонах спектра.

7.8 Воздействие на службы стандартных частот и сигналов времени

Рабочая группа 7А представила на рассмотрение информацию по диапазонам частот, в которых в течение многих лет Всемирные конференции радиосвязи распределяли полосы частот 19,95–20,05 кГц, 2495–2505 кГц (2498–2502 кГц в Районе 1), 4995–5005 кГц, 9995–10 005 кГц, 14 990–15 010 кГц, 19 990–20 010 кГц и 24 990–25 010 кГц службе стандартных частот и сигналов времени. Дополнительно для использования спутниковой службой стандартных частот и сигналов времени были распределены следующие полосы частот:

- 400,05–400,15 МГц;
- 4200–4204 МГц (космос-Земля);
- 6425–6429 МГц (Земля-космос);
- 13,4–14 ГГц (Земля-космос);
- 20,2–21,2 ГГц (космос-Земля);
- 25,25–27 ГГц (Земля-космос);
- 30–31,3 ГГц (космос-Земля).

Дополнительные сигналы стандартных частот и времени передаются в других полосах частот, например 14–19,95 кГц и 20,05–70 кГц, а в Районе 1 также в полосах 72–84 кГц и 86–90 кГц, которые были распределены другими конференциями (см. пункт 5.56 РР).

В Рекомендации ERC 70-03 [3] в отношении использования этой службы в Европе определены диапазоны частот, максимальная напряженность поля в этих диапазонах и местонахождение, как показано в таблице 15.

ТАБЛИЦА 15

**Сигналы стандартных частот и времени, которые должны быть защищены
в полосах частот 9–90 кГц и 119–135 кГц
(Рекомендация ERC 70-03 [3])**

Станции	Частота	Защитная полоса	Максимальная напряженность поля на расстоянии 10 м	Местонахождение
MSF	60 кГц	±250 Гц	42 дБмкА/м	Соединенное Королевство
RBU	66,6 кГц	±750 Гц	42 дБмкА/м	Российская Федерация
HBG	75 кГц	±250 Гц	42 дБмкА/м	Швейцария
DCF77	77,5 кГц	±250 Гц	42 дБмкА/м	Германия
DCF49	129,1 кГц	±500 Гц	42 дБмкА/м	Германия

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предельное значение уменьшено до 42 дБмкА/м на расстоянии 10 м.

Практические исследования воздействия на службы стандартных частот и сигналов времени, проведенные в Японии, описаны в пункте 7.1 и в таблице 12 настоящего Отчета.

7.9 Накопленный СЕПТ опыт в области обеспечения защиты служб от излучений индукционных SRD-устройств

В настоящем разделе описан накопленный СЕПТ на сегодняшний день опыт в области обеспечения защиты служб от излучений индукционных SRD-устройств. В 2009 году обсуждались предельные уровни излучения индукционных устройств SRD для обеспечения возможности использования более мощных таких устройств и устройств БПЭ. Было проведено исследование, результаты которого опубликованы в Отчете ECC 135 "Пределы для индукционных устройств в диапазоне частот 9–148,5 кГц".

Было обнаружено, что передатчики сигналов точного времени, работающие в странах СЕПТ, нуждаются в защите. Для обеспечения защиты этих передатчиков были установлены отметки с максимальным уровнем мощности излучения 42 дБмкА/м на расстоянии 10 м. Следует отметить, что в изучавшийся частотный диапазон не входят частоты выше 148,5 кГц; также не рассматривались гармоники, далеко выходящие за пределы диапазона 9–148,5 кГц.

Это означает, что, например, радиомаяки DGPS с рабочей частотой 350 кГц и передатчики радиовещания и сигналов точного времени 198 кГц не изучены и вполне вероятно, что они нуждаются в более строгих защитных пределах ввиду более высокой частоты.

Позднее эти пределы и отметки были включены в решение Комиссии ЕС по SRD, а затем отражены в стандарте ETSI EN 300 330.

В 2014 году европейской промышленности потребовались более широкие спектральные маски и более высокая мощность для индукционных устройств с рабочей частотой 13,6 МГц, таких как RFID и бесконтактные смарт-карты. Было проведено исследование, результаты которого опубликованы в Отчете ECC 208 "Воздействие устройств RFID на радиослужбы в диапазоне 13,56 МГц".

Были рассмотрены радиовещательные и радиоастрономические службы.

На основе исследования было сделано заключение, что решением могут стать две разные спектральные маски, охватывающие как мощные узкополосные, так и маломощные широкополосные излучения. Было установлено, что абсолютным максимумом для упомянутых служб является уровень излучения –3,5 дБмкА/м на расстоянии 10 м.

Следует отметить, что на самом деле проверялись только помехи радиовещательной службе. Другие службы, такие как радиолюбительская служба, не защищены должным образом, но в то время с учетом относительно низкой распространенности устройств это считалось приемлемым.

При увеличении числа развернутых устройств БПЭ и связанных с ними побочных излучений эти пределы необходимо радикально пересмотреть.

Вспомогательные документы СЕПТ для дальнейших исследований:

- ERC Report 69: "Propagation model and interference range calculation for inductive systems 10 kHz – 30 MHz" (Модель распространения и расчет диапазона помех для индукционных систем 10 кГц – 30 МГц);
- ERC Report 74: "Compatibility between radio frequency identification devices (RFID) and the radioastronomy service at 13 MHz" (Совместимость между устройствами радиочастотной идентификации (RFID) и радиоастрономической службой на частоте 13 МГц);
- ECC Reports 67: "Compatibility study for generic limits for the emission levels of inductive SRD's below 30 MHz" (Изучение совместимости для определения общих пределов для уровней излучения индукционных устройств SRD ниже 30 МГц).

Принятый для индукционных систем подход к активному ограничению чувствительных частот может использоваться в качестве решения по управлению спектром при размещении устройств БПЭ в тех регионах или зонах, где работают конкретные службы, в то время как подход установления максимального предела внеполосных излучений в сочетании со строгой спектральной маской, предлагаемый для частоты 13 МГц, обеспечивает общий предельный уровень внеполосных излучений для глобальной защиты служб радиосвязи.

8 Резюме

В настоящем Отчете содержатся предлагаемые диапазоны частот и относящиеся к ним потенциальные уровни внеполосных излучений, которые не согласованы в рамках МСЭ-R и требуют дальнейшего изучения с целью установить, обеспечивают ли они защиту служб радиосвязи на основе критериев работы в совмещенном канале, соседнем канале и соседней полосе. В Отчете приведен обзор существующих НИОКР и работ, проводимых в некоторых регионах.

Переносные и мобильные устройства, бытовые приборы и электромобили являются кандидатными применениями для использования технологий БПЭ. В настоящее время исследуются и

разрабатываются технологии на основе магнитной индукции, магнитного резонанса и емкостной связи. В некоторых странах проводятся и выполнены исследования сосуществования.

В технологиях БПЭ на основе магнитной индукции, как правило, используются диапазоны частот 100–205 кГц, при этом мощность находится в пределах от нескольких ватт до 1,5 кВт. В данном диапазоне частот также проводятся исследования в отношении бытовых приборов и офисного оборудования, использующих технологии БПЭ.

Исследование технологий БПЭ на основе магнитной индукции для пассажирских электромобилей проводится в полосе частот 79–90 кГц. Такое исследование для тяжелых электромобилей проводится в полосах частот 19–21 кГц и 59–61 кГц. Типовые значения мощности для пассажирских электромобилей равны 3,3 кВт, 7,7 кВт, 11 кВт и 22 кВт. Типовые значения мощности для тяжелых электромобилей находятся в пределах 75–100 кВт.

В технологиях БПЭ на основе магнитного резонанса используется полосах 6765–6795 кГц и 13 553–13 567 кГц, предназначенных для ПНМ-применений, при типовых значениях мощности от нескольких ватт до 50 Вт.

В технологиях БПЭ на основе емкостной связи используется полоса частот 425–524 кГц, а типовые значения мощности могут быть до 100 Вт.

9 Справочные документы

- [1] APT/AWG/REP-48 "APT Survey Report on "Wireless Power Transmission", March 2014; <https://www.apr.int/AWG-REPTS>.
- [2] BWF "Guidelines for the use of Wireless Power Transmission/Technologies, Edition 2.0" in April 2013; <http://bwf-yrp.net/english/update/docs/guidelines.pdf>.
- [3] [Рекомендация ERC 70-03](#) "Относительно использования устройств малого радиуса действия (SRD)".
- [4] ICNIRP 1998 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz); <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>.
- [5] ICNIRP 2010 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz); <http://www.emfs.info/Related+Issues/limits/specific/icnirp2010>.
- [6] [ICNIRP \(2020\)](#): Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz).
- [7] [IEEE C95.1 \(2019\) IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz](#).
- [8] APT/AWG/REP-62(Rev.1) "APT Report on Wireless Power Transmission (WPT)", March 2015; <https://www.apr.int/AWG-REPTS>.
- [9] The State Standard of People's Republic of China, "Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment Electromagnetic disturbance characteristics Limits and methods of measurement", GB 4824-2004.
- [10] National Radio Administration Bureau of MIIT No 423, "Micro Power (short) Radio Equipment Technology Requirements".
- [11] Mazar (Madjar) H. 2016 "[Radio Spectrum Management](#): Policies, Regulations and Techniques", John Wiley & Sons.
- [12] Отчет "Технические требования к системам беспроводной передачи энергии для электроприводных транспортных средств" (на японском языке), Документ 22-5, 22-е собрание Подкомитета по электромагнитной обстановке для использования радиоволн Совета по информации и связи (ICC) Министерства внутренних дел и связи (МИС) Японии; http://www.soumu.go.jp/main_content/000367149.pdf (6 июля 2015 г.).

Приложение 1

Руководство по оценке воздействия РЧ в разных организациях и администрациях

Приводимая ниже информация содержит некоторые рекомендации в отношении воздействия РЧ, представленные различными организациями, а также включает сведения, полученные от некоторых администраций. Ее следует рассматривать в качестве справочной информации для понимания проблем, связанных с опасностью для человека. Читателям настоятельно рекомендуется ознакомиться с последней информацией от МКЗНИ, IEEE, регуляторных органов и других экспертных органов.

В апреле 2013 года РГ-БПЭ BWF выпустила Руководящие указания по использованию технологий беспроводной передачи энергии, издание 2.0. Версия на английском языке доступна для загрузки с веб-сайта BWF по следующему адресу: <http://bwf-yrp.net/english/update/2013/10/guidelines-for-the-use-of-wireless-power-transmission-technologies.html>.

Ниже представлены следующие аспекты, касающиеся методик оценки воздействия РЧ, а также подробные выдержки из нормативных актов и руководящих указаний.

В разделе "Аспекты руководящих указаний по защите от радиоизлучения" [2] представлены подробные руководящие указания в соответствии со сценариями использования, определенными РГ-БПЭ BWF и технико-биологическими аспектами, такими как применимые диапазоны частот БПЭ. Приводится описание стимулирующего и теплового воздействия на ткани человека, а также контактного и индуцированного тока в этих тканях. Кроме того, представлены рекомендуемые алгоритмы выбора методики оценки и методики измерения, так как традиционные методики измерения могут и не обеспечивать оценку воздействия РЧ для устройств БПЭ.

В Приложениях А–G [2] содержатся выдержки из национальных и международных нормативных актов и руководящих указаний, касающихся вопросов воздействия РЧ и безопасности, а также разъясняются порядок их толкования и использования. В этих приложениях представлены нормативные акты Японии, руководящие указания МКЗНИ и руководящие указания IEEE. Кроме того, в справочных целях недавно опубликован ряд документов в области оценки SAR на основе моделирования.

Помимо указанного выше документа в "Отчете по обследованию АТСЭ в области БПЭ" [1] представлена информация по данной теме, полученная в странах – членах АТСЭ.

Воздействие РЧ

В каждой стране существуют свои руководящие указания или нормативные акты по оценке воздействия РЧ (в большинстве случаев соответствующие документу МКЗНИ 98). В МКЗНИ 98 еще не включено обсуждение устройств БПЭ и подходящих для БПЭ методов измерения.

ТАБЛИЦА A1-1

Регламентарный статус воздействия РЧ

Страна	Воздействие РЧ	Оценка РЧ
Австралия	– АСМА отвечает за управление имеющим обязательный характер <i>Стандартом по радиосвязи (Электромагнитное излучение – воздействие на человека) 2003 г.</i> (включение поправок в Стандарт радиосвязи (Электромагнитное излучение – воздействие на человека) с внесенными поправками 2011 г. (№ 2)), • определяющим пределы воздействия РЧ для большинства передатчиков мобильных и переносных устройств радиосвязи со встроенными антеннами, работающих в диапазоне 100 кГц ~ 300 ГГц – Стандартом по защите от излучения для уровней максимального воздействия радиочастотных полей – от 3 кГц до 300 ГГц (RPS3), • устанавливаемым ARPANSA (Австралийское агентство по защите от излучения и ядерной безопасности)	Такие устройства должны демонстрировать соответствие с использованием методов испытаний, например: EN 62209-2 (Воздействие радиочастотных полей от портативных и носимых на теле беспроводных устройств связи – Модели человека, измерительные приборы и процедуры. Часть 2. Процедуры определения удельного коэффициента поглощения (SAR) для беспроводных устройств связи (диапазон частот от 30 МГц до 6 ГГц); см. AS/NZS. АСМА требует соблюдения пределов воздействия РЧ и ЭМИ, устанавливаемых Австралийским агентством по защите от излучения и ядерной безопасности (ARPANSA). Основным источником информации о пределах воздействия РЧ является устанавливаемый ARPANSA <i>Стандарт по защите от излучения для уровней максимального воздействия радиочастотных полей – от 3 кГц до 300 ГГц (RPS3)</i> – см. arpansa

ТАБЛИЦА A1-1 (окончание)

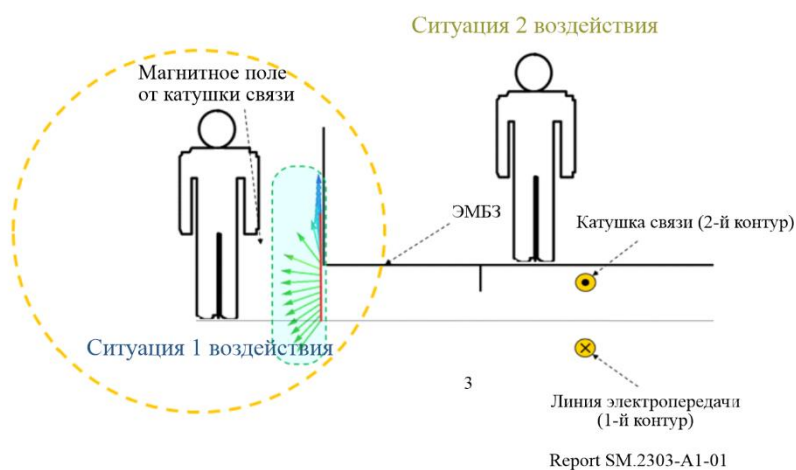
Страна	Воздействие РЧ	Оценка РЧ
Япония	– Руководящие указания BWF по воздействию РЧ: требования о соответствии – Ссылка на Руководящие указания по защите от радиоизлучения и руководящие указания МКЗНИ • предел воздействия РЧ – Подробные методики оценки воздействия на человека систем беспроводной передачи энергии для ЭМ (79–90 кГц) и для мобильных устройств (400 кГц и 6,78 МГц) можно найти в частичных отчетах Совета по информации и связи (ИСС) МИС за январь и июль 2015 г.	Форум BWF Японии рассматривает следующие подходы к оценке воздействия РЧ. Предполагаются конкретные сценарии наихудшего случая, например случай, когда какая-либо часть тела человека касается передатчика или расположена между передатчиком и приемником. Должны учитываться дополнительные меры безопасности, если безопасность не может быть заявлена. Изделия БПЭ создают неоднородные магнитные поля, и ожидается, что воздействие РЧ будет носить локальный характер. Поэтому руководящие указания МКЗНИ могут быть более надежными справочными документами. Предлагается учитывать методики оценки с использованием моделирования, такие как радиационная дозиметрия, если возможно участие экспертов по дозиметрии излучения. Метод оценки не должен занимать чрезмерно много времени и не должен быть рассчитан на определение точного воздействия РЧ. Это должен быть обоснованный метод, который было бы целесообразно использовать в процедурах сертификации и приемочных испытаниях. В Японии в 2016 году была принята спецификация для систем БПЭ трех типов: – в отдельных случаях напряженность магнитного поля может превышать контрольные уровни, когда индуцированное электрическое поле/SAR значительно ниже базовых ограничений; – согласованное использование коэффициента связи повышает предел входной мощности для систем БПЭ; – требуется также измерение контактного тока. Министерство внутренних дел и связи (МИС) Японии получило от Совета по информации и связи (ИСС) как консультативного органа министра МИС частичные отчеты по "техническим требованиям к системам беспроводной передачи энергии" для мобильных устройств в январе 2015 года, а для ЭМ – в июле 2015 года. В этих отчетах указаны технические требования в целях разработки новых правил "спецификации типа", которые освобождают от необходимости получения разрешения на установку индивидуального оборудования БПЭ. Они обеспечивают общий статус нормотворчества в области БПЭ, включая условия сосуществования, предельные уровни излучения и методики оценки воздействия на человека
Республика Корея	– Существующее регулирование по ЭМП упоминается в руководящих указаниях МКЗНИ	– Планируется внедрение в 2015 году методов оценки, определенных для БПЭ

Оценка воздействия на человека ЭМП от электромобилей в Корее

В 2013 году Республика Корея изучила метод оценки магнитных полей, создаваемых электромобилем с бесконтактной зарядкой (ЭМБЗ) с использованием технологии беспроводной передачи энергии, эксплуатируемым в общедоступных районах. Линии электропередачи в дорожном полотне (1-й контур) и пять сегментов катушек связи под ЭМБЗ (2-й контур) рассматриваются как источник поля, в котором резонансная частота составляет 20 кГц, а мощность на выходе – 75 кВт.

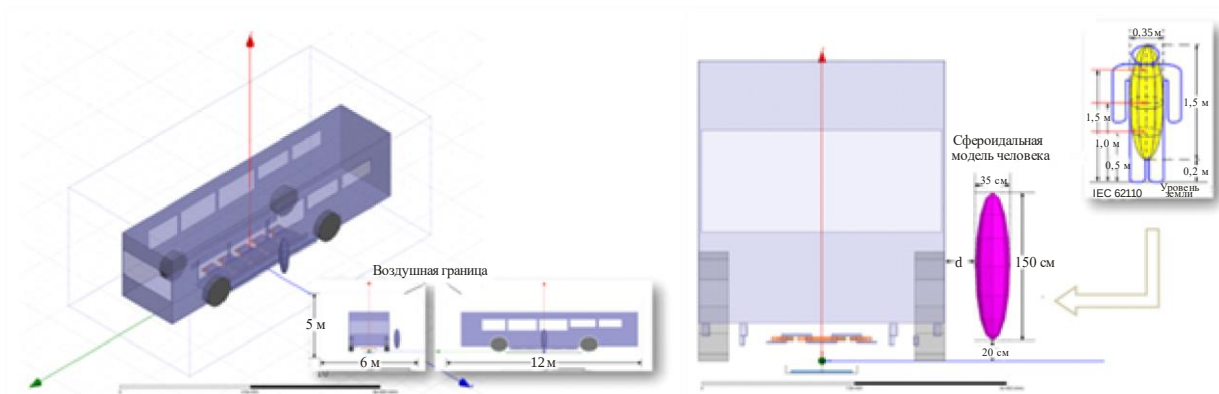
На рисунке А1-1 показана вторая ситуация воздействия на человека ЭМП от линий электропередачи и катушек связи системы ЭМБЗ.

РИСУНОК А1-1
Ситуация воздействия на человека ЭМП от системы ЭМБЗ



Когда поле при ситуации 1 воздействия ЭМБЗ считается неоднородным, что аналогично системе энергоснабжения переменного тока (IEC 62110), уровень поля в представляющем интерес положении рассчитывается и измеряется на трех высотах: 0,5 м, 1,0 м и 1,5 м над уровнем земли.

РИСУНОК А1-2
Модель в поле, генерируемом ЭМБЗ

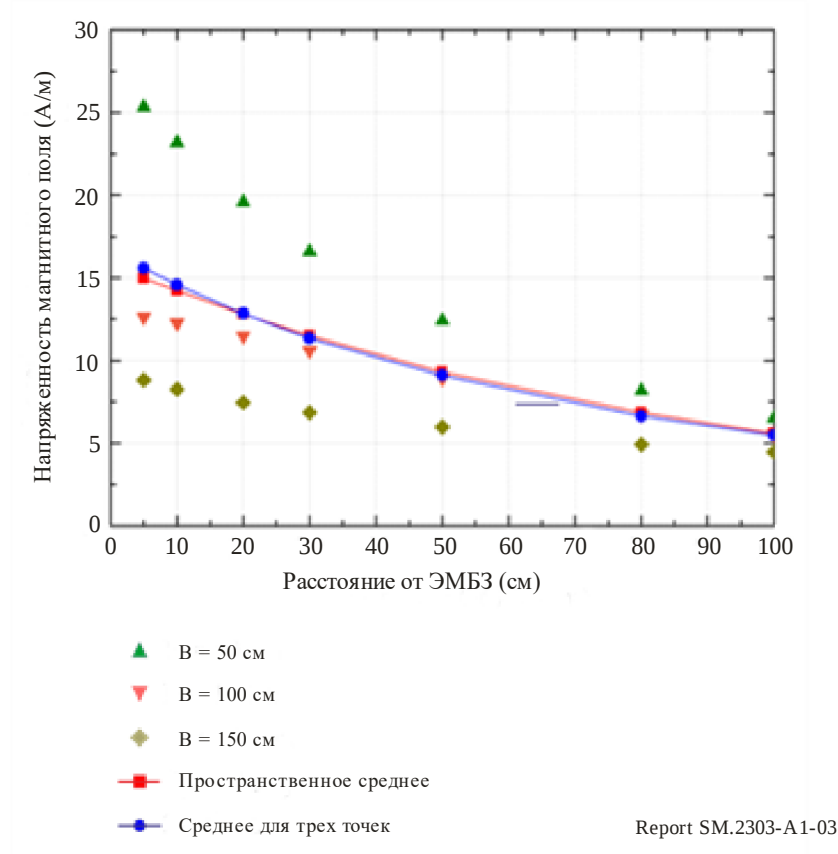


Средний уровень воздействия рассчитывается с использованием сфероидальной модели человека, вертикальная и горизонтальная оси которой в размере 1,5 м и 0,35 м расположены на высоте 0,2 м над уровнем земли.

Отклонение составляет 4% на расстоянии 5 см от ЭМБЗ и –2% на расстоянии 100 см, доступном для населения. На рисунке A1-3 показано, что вертикальное распределение магнитных полей является однородным. Видно, что в трех точках средний уровень воздействия практически соответствует среднему уровню воздействия при ситуации 1 воздействия электромобиля (ЭМБЗ).

РИСУНОК A1-3

Рассчитанные распределения магнитных полей на каждом расстоянии от ЭМБЗ



По результатам численного анализа средний уровень излучений для трех точек (на трех высотах 0,5 м, 1,0 м и 1,5 м над уровнем земли) представляет собой средний уровень излучений для всего человеческого организма, который оценивается в размере 2,1 А/м, на 40% меньше технического критерия воздействия РЧ.

Оценивается напряженность магнитного поля при воздействии при ситуации 2 для каждого места внутри ЭМБЗ, и оценочные значения приводятся на рисунке A1-4.

РИСУНОК А1-4
Рассчитанные распределения магнитных полей на каждом расстоянии от ЭМБЗ

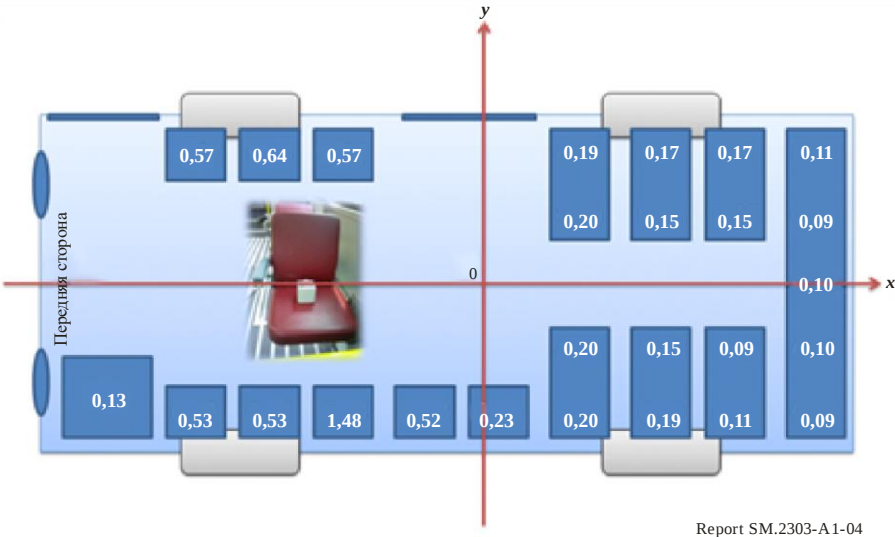


РИСУНОК А1-5
Рассчитанные распределения магнитных полей на каждом расстоянии от ЭМБЗ

Моделированные данные (S.D. 72 см)			Измеренные данные (S.D. 60 см)		
Точки измерения	Измеренные значения	Принятые значения	Точки измерения	Измеренные значения (А/м)	Принятые значения
P1	1,07		P1	3,82	×
P2	1,93		P2	3,41	×
P3	3,96	×	P3	1,96	×
P4	2,12	×	P4	0,90	
P5	3,99	×	P5	1,08	

Report SM.2303-A1-05

По результатам численного анализа с использованием метода усреднения по пяти точкам получают значение 3,36 А/м, но в той же самой ситуации измерение дает 3,06 А/м. Но при использовании метода усреднения по трем точкам получают моделированные данные и измеренные данные в размере 0,53 А/м и 0,57 А/м соответственно. Учитывая сложные ситуации воздействия, такие как внутренняя архитектура экранирования, различные высоты и положения, при измерении наихудшего случая воздействия РЧ метод усреднения по пяти точкам представляется более оптимальным, чем метод усреднения по трем точкам.

Приложение 2

Пример обеспечения использования полосы 6765–6795 кГц, предназначенной для ПНМ, для зарядки мобильных устройств

В этом Приложении представлен пример использования полосы 6765–6795 кГц, предназначенной для ПНМ, для беспроводной зарядки мобильных устройств. Осуществлена разработка технологии и спецификации беспроводной передачи энергии на основе принципов магнитного резонанса с использованием полосы 6765–6795 кГц, предназначенной для ПНМ, для беспроводной зарядки мобильных устройств. Данная технология обладает рядом не имеющих аналогов преимуществ для экосистемы беспроводной зарядки.



РАСШИРЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО ЗАРЯДКИ

Расширенное пространство зарядки, позволяющее открыть для себя реальную возможность простой и удобной зарядки через большинство поверхностей и материалов, часто встречающихся в доме, офисе и коммерческих условиях.



ЗАРЯДКА НЕСКОЛЬКИХ УСТРОЙСТВ

Возможность одновременно заряжать несколько устройств с разными требованиями по электропитанию, таких как смартфоны, планшеты, портативные компьютеры и гарнитура Bluetooth".



ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ К РЕАЛЬНОМУ МИРУ

Заряжающие поверхности будут работать в присутствии металлических объектов, таких как ключи, монеты и посуда, обеспечивая идеальный выбор для применения в домашних условиях, офисе, на автозаправочной станции, в пункте питания и в гостиницах.



СВЯЗЬ ПО ТЕХНОЛОГИИ BLUETOOTH

Используется существующая технология Bluetooth Smart, что сводит к минимуму требования к аппаратному обеспечению производителя, а также открывает возможности для будущих зон "умной" зарядки.

Техническая спецификация

Цель спецификации заключается в том, чтобы обеспечить удобный, безопасный и необычный опыт использования в реальных ситуациях с зарядкой устройств и при этом определить для отраслевых организаций техническую основу создания совместимых продуктов. Данная технология – это спецификация интерфейса для беспроводных передатчика и приемника энергии, взаимной связи и взаимной индуктивности, при этом разработчикам доступно большинство возможностей.

Пространственная свобода, увязывая беспроводную передачу энергии с реальными условиями, предусматривает большее разнообразие коэффициентов связи, размеров устройств, режимов нагрузки и разнеса между передатчиком и приемником энергии. Это обеспечивает разработчикам изделий беспроводной передачи энергии большой простор в реализации систем зарядки и приводит к превосходному потребительскому опыту.

В изделиях электронной техники, которые предполагается оснастить данной технологией, должны быть учтены несколько факторов:

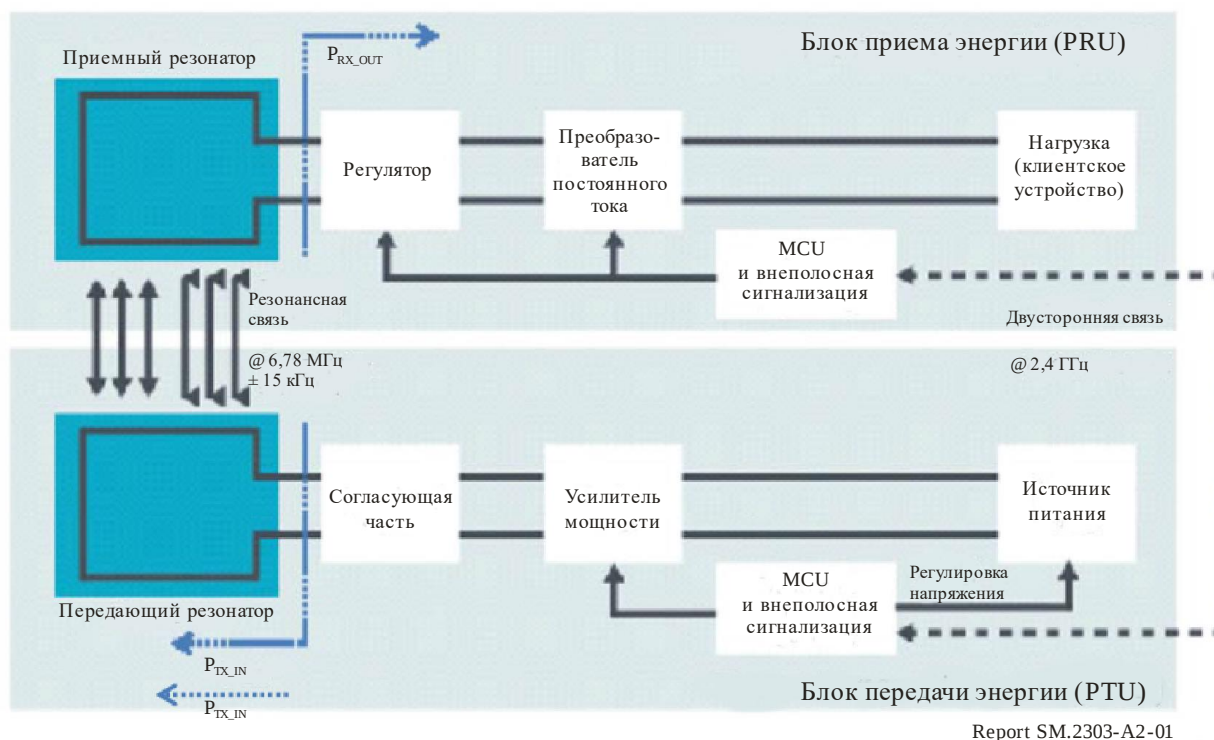
- рассеяние энергии и компоновка;
- включение резонатора в устройство;
- миниатюризация;

– включение линии связи с бортовой радиостанцией.

Проектировщики могут определить и получить собственную реализацию требуемых внеполосных радиостанций, усилителей мощности, преобразователей постоянного тока, выпрямителей, микропроцессоров – отдельных и встроенных – и собрать их, как требуется.

При условии что компоненты соответствуют спецификации, для них может использоваться любая топология. Спецификация закрепляет только интерфейсы и модель резонатора передатчика, которые должны использоваться в системе.

Ниже на рисунке приведена базовая конфигурация системы беспроводной передачи энергии между блоком передачи энергии (PTU) и блоком приема энергии (PRU). Один блок PTU можно расширить для обслуживания нескольких независимых блоков PRU. PTU включает три основных функциональных блока: блок резонатора и согласования, блок преобразования энергии и блок сигнализации и управления (MCU). PRU включает три основных функциональных блока, как и PTU.



Как показано на рисунке, выше, в передающем резонаторе используется частота 6780 кГц (± 15 кГц) для передачи энергии от PTU к PRU. Для двусторонней связи в канале, расположенном за пределами частот, используемых для передачи энергии, применяется технология Bluetooth Smart™ в диапазоне 2,4 ГГц, которая обеспечивает надежный канал связи между беспроводными приемниками энергии и зарядными поверхностями.

В спецификации предусматривается много категорий PRU и классов PTU на основе передачи энергии с использованием диапазона 6780 кГц, начиная от маломощных зарядных устройств для небольших устройств, которым может потребоваться лишь несколько ватт, до более крупных устройств, требующих много ватт. В таблице, ниже, показаны классы PTU и категории PRU на основе базовой спецификации системы, при этом разрабатываются новые категории/классификации.

Категории PRU

PRU	$P_{RX_OUT_MAX}$	Примеры применений
Категория 1	Подлежит определению	Гарнитура Bluetooth
Категория 2	3,5 Вт	Мобильный телефон
Категория 3	6,5 Вт	Смартфон
Категория 4	13 Вт	Планшет, фаблет
Категория 5	25 Вт	Небольшой портативный компьютер
Категория 6	37,5 Вт	Обычный портативный компьютер
Категория 7	50 Вт	Высокопроизводительный портативный компьютер

$P_{RX_OUT_MAX}$ – максимальное значение P_{RX_OUT} (выходная мощность приемного резонатора).

Классы PTU

	$P_{TX_IN_MAX}$	Минимальные требования к поддержке категории	Минимальное значение для максимального количества поддерживаемых устройств
Класс 1	2 Вт	1 × Категория 1	1 × Категория 1
Класс 2	10 Вт	1 × Категория 3	2 × Категория 2
Класс 3	16 Вт	1 × Категория 4	2 × Категория 3
Класс 4	33 Вт	1 × Категория 5	3 × Категория 3
Класс 5	50 Вт	1 × Категория 6	4 × Категория 3
Класс 6	70 Вт	1 × Категория 7	5 × Категория 3

$P_{TX_IN_MAX}$ – максимальное значение P_{TX_IN} (входная мощность передающего резонатора).

При работе Bluetooth передача осуществляется с уровнем от –6 дБм до +8,5 дБм, измеряемым на разъеме антенны.

Спецификация для PTU и PRU позволяет создавать изделия в соответствии с нормативными требованиями страны, в которой они продаются. Например, в США работа в диапазоне 6785 кГц соответствует требованиям части 18 Правил ФКС, а двусторонняя связь в диапазоне 2,4 ГГц соответствует требованиям части 15 Правил ФКС.

Приложение 3**Данные измерений излучаемого шума и шума проводимости систем БПЭ****1 Введение**

В настоящем Приложении 3 приводятся данные измерений в Японии излучаемого шума и шума проводимости систем БПЭ, учитываемых при разработке новых национальных правил. Ниже приведен перечень этих систем:

- 1) система БПЭ для зарядки пассажирского ЭМ (электромобиля);
- 2) система БПЭ для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе магнитного резонанса;

- 3) система БПЭ для бытовых приборов и офисного оборудования, в которых используется технология на основе магнитной индукции;
- 4) система БПЭ для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи.

2 Модели измерения и методы измерения

РГ-БПЭ, действующая в рамках Подкомитета по электромагнитным условиям использования радиоволн Министерства внутренних дел и связи (МВС), обсудила и определила модели измерения и методы измерения для излучаемого шума и шума проводимости (кондуктивного шума) систем БПЭ. Были проведены следующие измерения.

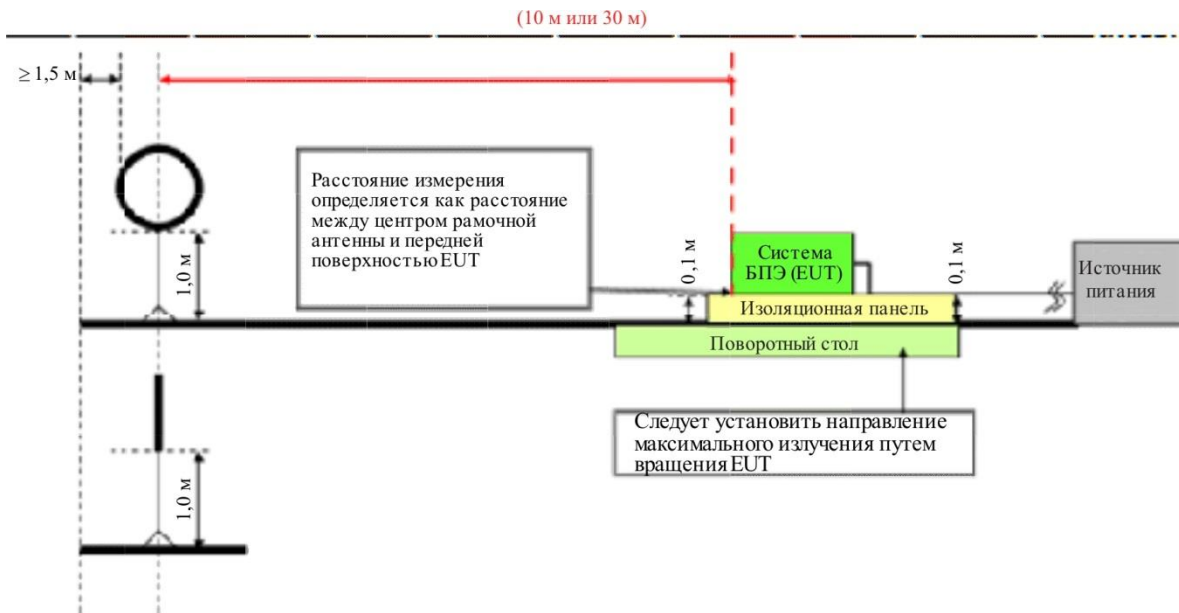
- 1) Излучаемый шум в диапазоне от 9 кГц до 30 МГц
Напряженность магнитного поля измеряется с помощью рамочных антенн. Напряженность электрического поля получается простым пересчетом с использованием характеристического полного сопротивления плоской волны, равного 377 Ом.
- 2) Излучаемый шум в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц
Напряженность электрического поля измеряется с помощью биконических антенн или логопериодических дипольных решеток. В случае применения переносных устройств диапазон измеряемых частот расширен до 6 ГГц.
- 3) Шум проводимости в диапазоне от 9 кГц до 30 МГц
Измеряется шум проводимости, излучаемый линиями подачи питания. В данном измерении EUT (испытываемое оборудование) должно быть подсоединено к AMN (эквиваленту сети электропитания).

2.1 Система БПЭ для зарядки ЭМ

На рисунках А3-1 и А3-2 приведены методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для зарядки ЭМ. На рисунке А3-1 измерение проводится в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц. На рисунке А3-2 измерение проводится в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц. На рисунке А3-3 изображено EUT (вид сверху) и его размещение для измерения излучаемого шума. В данном методе измерения в качестве справочного документа используется СИСПР 16-2-3 "Измерение излучаемых помех". На рисунке А3-4 приведена имитация кузова автомобиля, используемая в данном измерении. Эта имитационная модель автомобиля была предложена ТК69/ПГ 61980 МЭК, которая занимается международным стандартом по системам БПЭ для зарядки ЭМ. На рисунке А3-5 изображено EUT (вид сверху) и его размещение для измерения шума проводимости. В этих измерениях передаваемая мощность определяется как уровень мощности, измеренный на входе радиочастотного источника питания или на первичной обмотке.

РИСУНОК А3-1

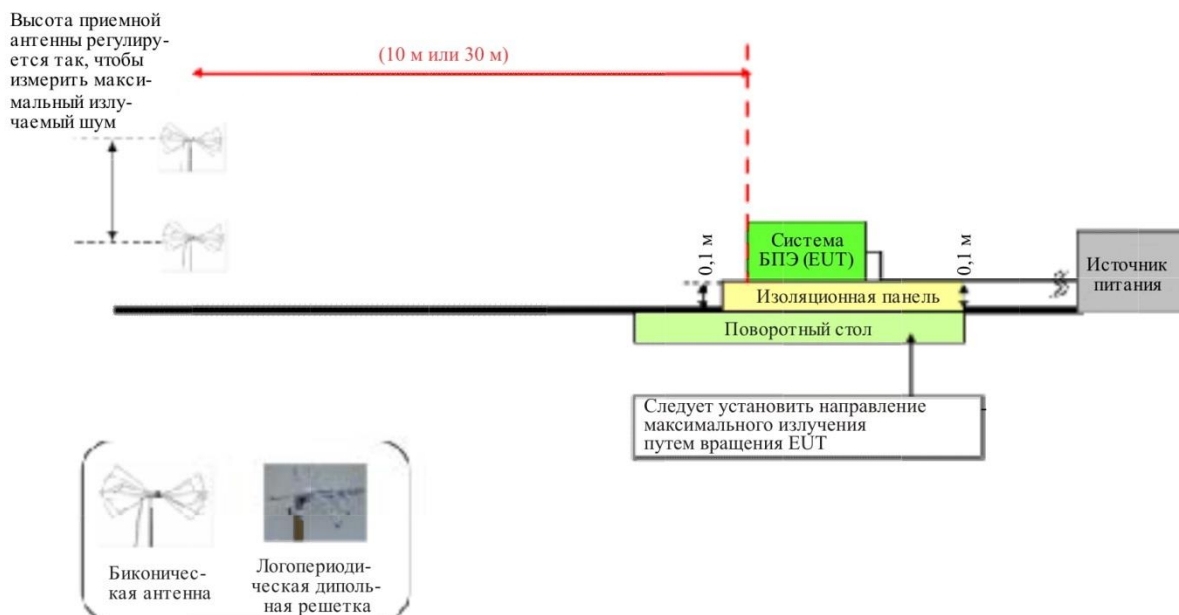
Методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для зарядки ЭМ,
в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц



Report SM.2303-A3-01

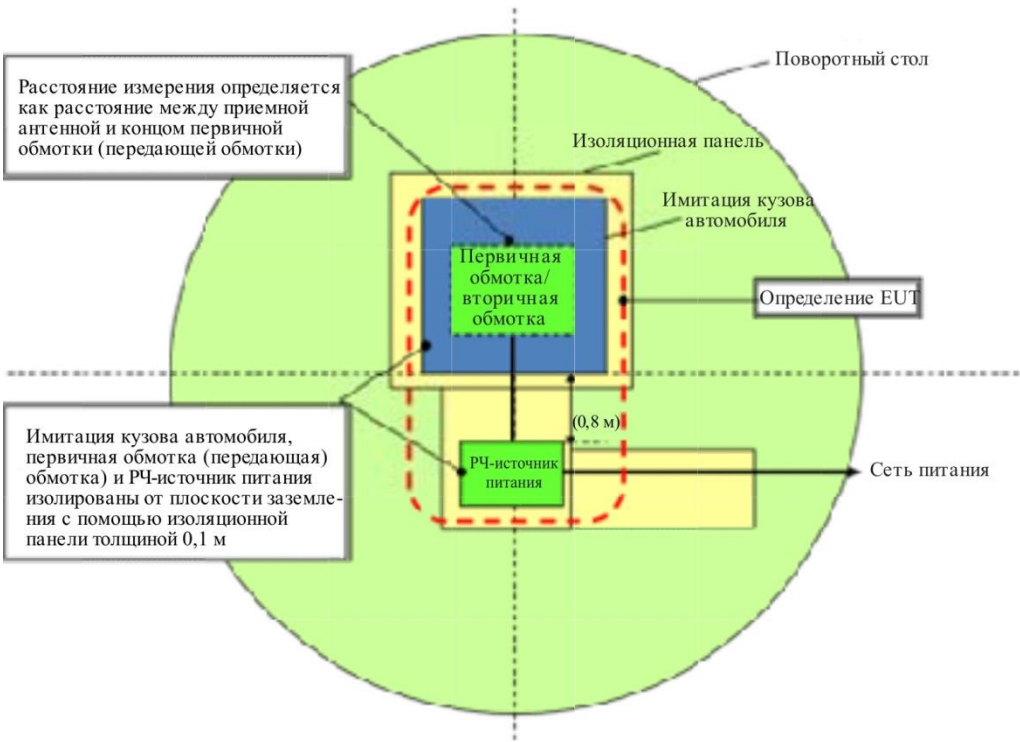
РИСУНОК А3-2

Методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для зарядки ЭМ,
в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц



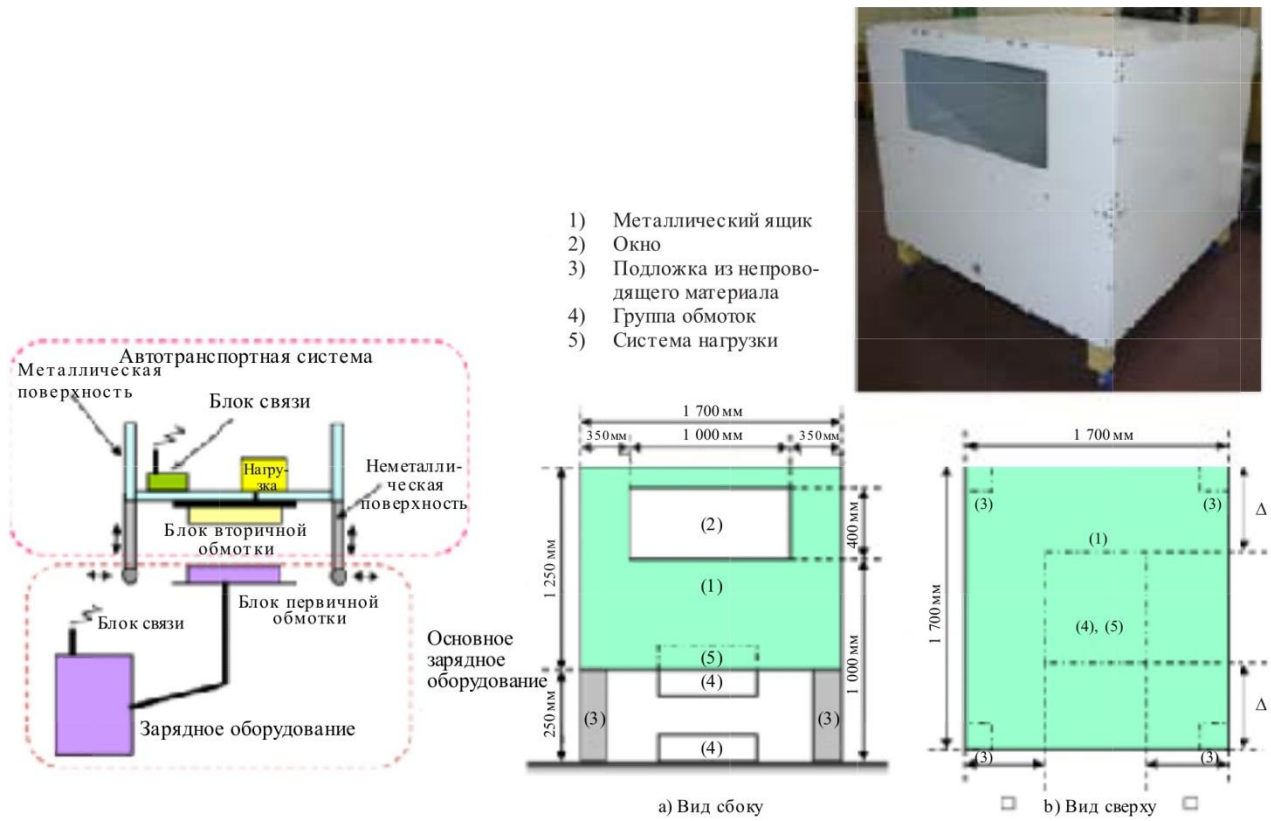
Report SM.2303-A3-02

РИСУНОК А3-3
ЕУТ (вид сверху) и его размещение для измерения излучаемого шума



Report SM.2303-A3-03

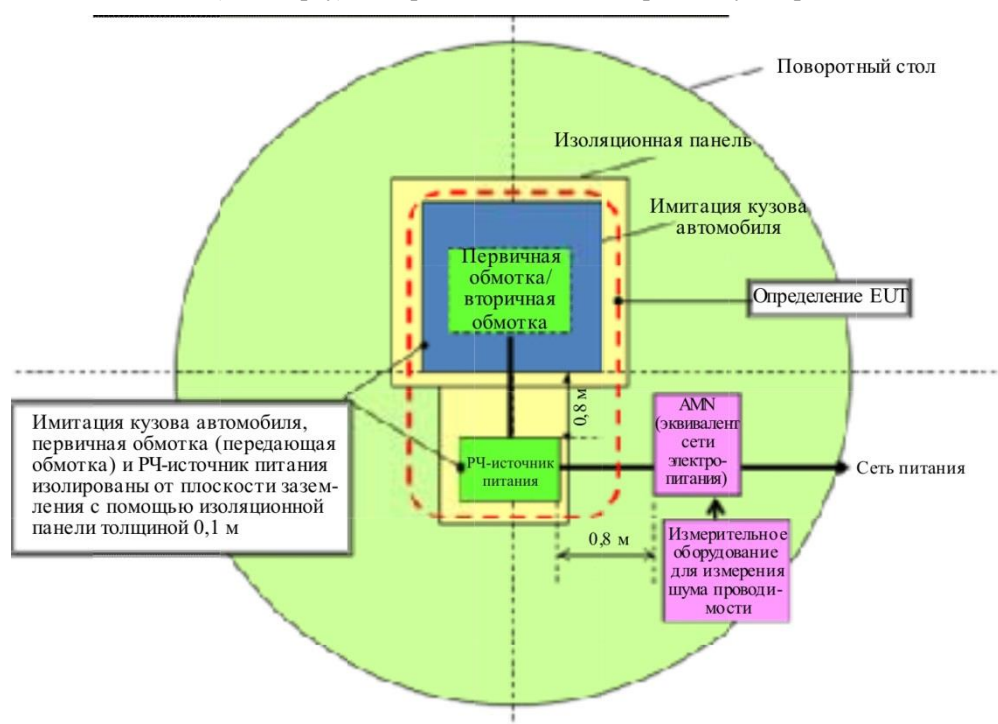
РИСУНОК А3-4
Конфигурация имитации корпуса автомобиля



Report SM.2303-A3-04

РИСУНОК А3-5

EUT (вид сверху) и его размещение для измерения шума проводимости



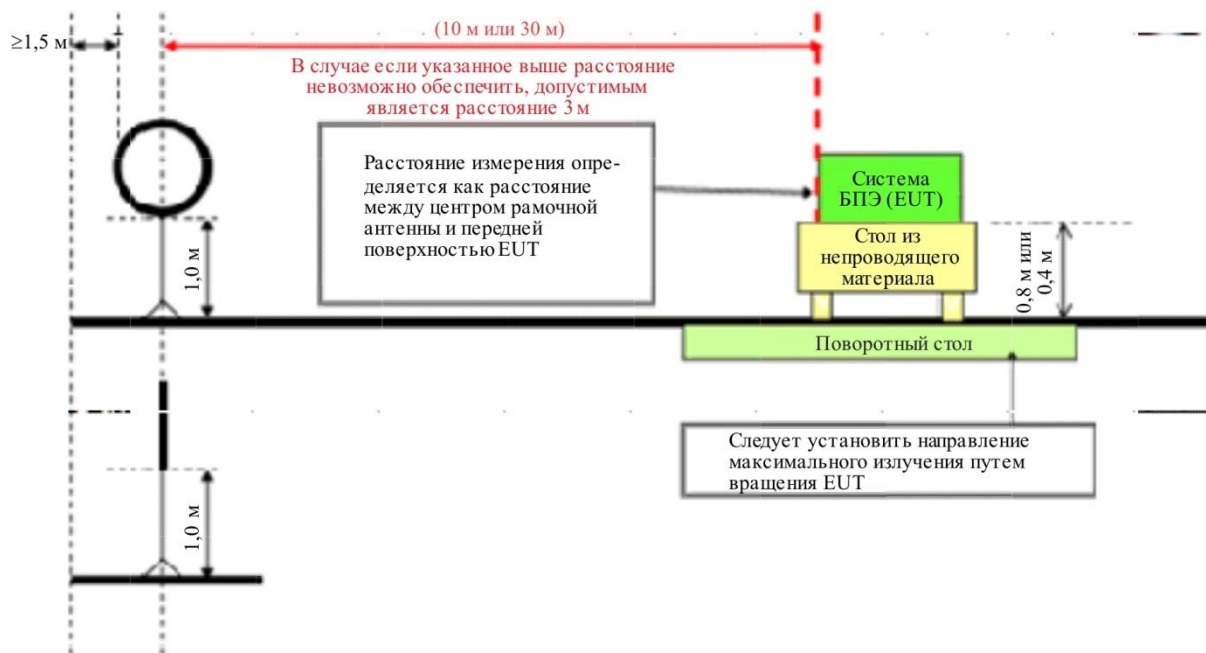
Report SM.2303-A3-05

2.2 Мобильные устройства, переносные устройства и бытовые приборы

На рисунках А3-6 и А3-7 приведены методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для мобильных и переносных устройств, а также бытовых приборов. На рисунке А3-6 измерение проводится в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц. На рисунке А3-7 измерение проводится в диапазоне частот от 30 МГц до 6 ГГц. Следует отметить, что расширение диапазона частот до 6 ГГц имеет место только в случае мобильных и переносных устройств. Для бытовых приборов верхний предел диапазона измеряемых частот равен 1 ГГц. Это связано с тем, что в СИСПР 14-1 указан метод измерения для бытовых приборов, а в СИСПР 22 – для мобильных и переносных устройств. На рисунке А3-8 изображены методы измерения, предназначенные для измерения шума проводимости. В настоящем документе рассматриваются два метода измерения.

РИСУНОК А3-6

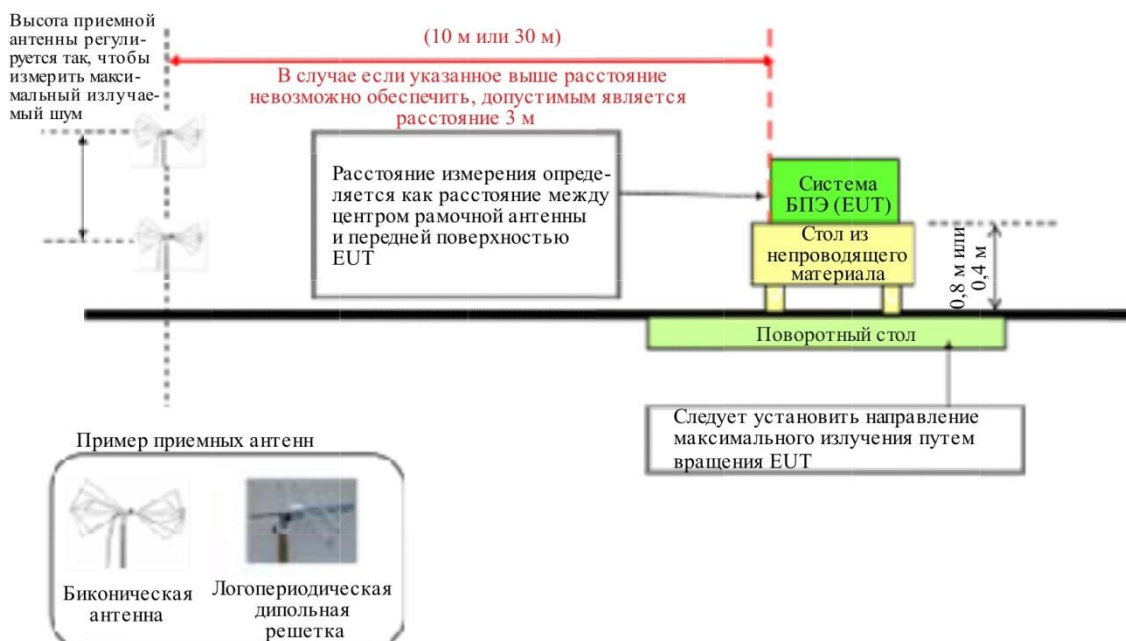
Методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для мобильных и переносных устройств, а также бытовых приборов, в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц



Report SM.2303-A3-06

РИСУНОК А3-7

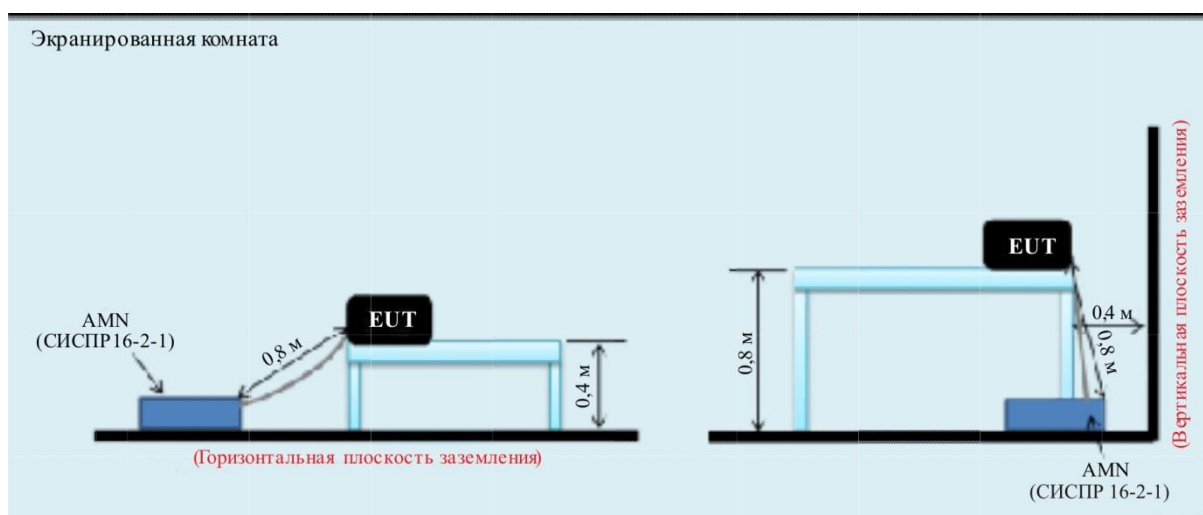
Методы измерения излучаемого шума систем БПЭ, предназначенных для мобильных и переносных устройств, а также бытовых приборов, в диапазоне частот от 30 МГц до 6 ГГц



Report SM.2303-A3-07

РИСУНОК А3-8

Методы измерения, предназначенные для измерения шума проводимости



Report SM.2303-A3-08

3 Целевой предел излучения, установленный BWF

В рамках РГ-БПЭ МСЭ обсуждается предел излучения для нового нормативного акта Японии. Однако Форум по широкополосной беспроводной связи (BWF), Япония, уже установил целевой предел излучения в качестве ориентировочных значений для обсуждения условий сосуществования с другими беспроводными системами. Существуют следующие основные точки зрения на целевые пределы излучения.

- 1) Целевые пределы излучаемого шума устанавливаются только в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц. При этом приводятся как пределы напряженности электрического поля, так и пределы напряженности магнитного поля.
- 2) В первую очередь рассматриваются целевые пределы излучаемого шума по напряженности электрического поля, так как BWF пользуется существующим национальным регламентом радиосвязи Японии, и указанные в нем пределы излучаемого шума определяются в основном напряженностью электрического поля. Пересчет напряженности электрического поля в напряженность магнитного поля осуществляется с использованием характеристического полного сопротивления волны ТЕМ (плоская волна), равного 377 Ом.
- 3) BWF не устанавливает целевые пределы излучаемого шума для частот выше 30 МГц и для шума проводимости.

Далее приводятся целевые пределы излучения для каждой системы БПЭ. Следует отметить, что эти пределы являются ориентировочными и находятся на этапе обсуждения.

3.1 Предел для системы БПЭ, предназначенной для зарядки ЭМ

Ориентировочный целевой предел излучаемого шума для диапазона частот БПЭ был предложен в соответствии с подразделом С части 18 Правил ФКС как международным правилом и по результатам измерения разработанных систем БПЭ. Ориентировочный предел излучаемого шума для другого диапазона частот был предложен на основе регламента радиосвязи Японии, применяемого в отношении индукционного оборудования для приготовления пищи как распространенной области применения магнитной индукции.

- 1) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по электрическому полю
 - а) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии)
 Мощность передачи – 3 кВт: 36,7 мВ/м на расстоянии 30 м (91,3 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

Мощность передачи – 7,7 кВт: 58,9 мВ/м на расстоянии 30 м (95,4 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:

30 мкВ/м на расстоянии 30 м (29,5 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:

200 мкВ/м на расстоянии 30 м (46,0 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- 2) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по магнитному полю

- a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии)

Мощность передачи – 3 кВт: 97,5 мкА/м на расстоянии 30 м (39,8 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

Мощность передачи – 7,7 кВт: 156 мкА/м на расстоянии 30 м (43,9 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

- b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:

0,0796 мкА/м на расстоянии 30 м (–22,0 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

- c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:

0,531 мкА/м на расстоянии 30 м (–5,51 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

3.2 Предел для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе магнитного резонанса

Ориентировочный целевой предел излучаемого шума для диапазона частот БПЭ был предложен на основе результатов измерения разработанных систем БПЭ. Ориентировочный предел излучаемого шума для другого диапазона частот был предложен на основе регламента радиосвязи Японии, применяемого в отношении индукционного оборудования для приготовления пищи как распространенной области применения магнитной индукции.

- 1) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по электрическому полю

- a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):

100 мВ/м на расстоянии 30 м (100 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:

30 мкВ/м на расстоянии 30 м (29,5 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:

100 мкВ/м на расстоянии 30 м (40,0 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)

- 2) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по магнитному полю

- a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):

265,3 мкА/м на расстоянии 30 м (48,5 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

- b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:

0,0796 мкА/м на расстоянии 30 м (–22,0 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

- c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:

0,265 мкА/м на расстоянии 30 м (–11,5 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

3.3 Предел для бытовых приборов, в которых используется технология на основе магнитной индукции

Ориентировочный целевой предел излучаемого шума для диапазона частот БПЭ был предложен на основе результатов измерения разработанных систем БПЭ. Ориентировочный предел излучаемого шума для другого диапазона частот был предложен на основе регламента радиосвязи Японии, применяемого в отношении индукционного оборудования для приготовления пищи как распространенной области применения магнитной индукции.

- 1) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по электрическому полю
 - a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):
1 мВ/м на расстоянии 30 м (60 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
 - b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:
30 мкВ/м на расстоянии 30 м (29,5 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
 - c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:
173 мкВ/м на расстоянии 30 м (44,8 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
- 2) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по магнитному полю
 - a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):
2,66 мкА/м на расстоянии 30 м (8,5 дБмкА/м на расстоянии 30 м)
 - b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:
0,0796 мкА/м на расстоянии 30 м (–22,0 дБмкА/м на расстоянии 30 м)
 - c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:
0,459 мкА/м на расстоянии 30 м (–6,7 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

3.4 Предел для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи

Ориентировочный целевой предел излучаемого шума для диапазона частот БПЭ был предложен на основе результатов измерения разработанных систем БПЭ. Ориентировочный предел излучаемого шума для другого диапазона частот был предложен на основе регламента радиосвязи Японии, применяемого в отношении индукционного оборудования для приготовления пищи как распространенной области применения магнитной индукции.

- 1) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по электрическому полю
 - a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):
100 мкВ/м на расстоянии 30 м (40 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
 - b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:
30 мкВ/м на расстоянии 30 м (29,5 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
 - c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:
100 мкВ/м на расстоянии 30 м (40 дБмкВ/м на расстоянии 30 м)
- 2) Ориентировочный целевой предел излучаемого шума по магнитному полю
 - a) Диапазон частот БПЭ (диапазон частот, используемый для передачи энергии):
0,265 мкА/м на расстоянии 30 м (–11,5 дБмкА/м на расстоянии 30 м)
 - b) Диапазон частот 526,5–1606,5 кГц:
0,0796 мкА/м на расстоянии 30 м (–22,0 дБмкА/м на расстоянии 30 м)
 - c) Диапазон частот, не включающий указанный выше диапазон частот:
0,265 мкА/м на расстоянии 30 м (–11,5 дБмкА/м на расстоянии 30 м)

4 Результаты измерения излучаемого шума и шума проводимости

Приводятся результаты измерения излучаемого шума и шума проводимости и описываются соответствующие измерения для каждой системы БПЭ. Измеряемые системы БПЭ являются испытательным оборудованием и оборудованием на этапе разработки.

4.1 Система БПЭ для зарядки ЭМ

1) Общие сведения об испытательном оборудовании

Для данного измерения были подготовлены два экземпляра испытательного оборудования, показанные в таблице А3-1. В испытательном оборудовании А частота БПЭ равна 120 кГц и используются планарные круговые передающая и приемная обмотки. В испытательном оборудовании В частота БПЭ равна 85 кГц и используются обмотки соленоидного типа как в передатчике, так и в приемнике. Кроме того, испытательное оборудование В включает устройства для подавления гармонических составляющих частоты БПЭ более высокого порядка. Фотографии каждого экземпляра испытательного оборудования приведены на рисунках А3-9 и А3-10 соответственно.

ТАБЛИЦА А3-1

Общие сведения об испытательном оборудовании для зарядки ЭМ

Система БПЭ	Зарядка ЭМ
Технология БПЭ	Магнитный резонанс
Частота БПЭ	Испытательное оборудование А 120 кГц Испытательное оборудование В 85 кГц
Условия БПЭ	Мощность передачи 3 кВт Расстояние передачи энергии 150 мм

РИСУНОК А3-9

Испытательное оборудование А



Report SM.2303-A3-09

РИСУНОК А3-10

Испытательное оборудование В

Report SM.2303-A3-10

2) Излучаемый шум

Измерения излучаемого шума от каждого экземпляра испытательного оборудования проводились в экранированной безэховой камере. Расстояние измерения составляет 10 м. Приводится напряженность поля на расстоянии 30 м, которая получается по следующему правилу пересчета, опубликованному в регламенте радиосвязи Японии.

[Коэффициент ослабления с учетом изменения расстояния измерения с 10 м до 30 м]

Частоты ниже 526,5 кГц: 1/27

526,5–1606,5 кГц: 1/10

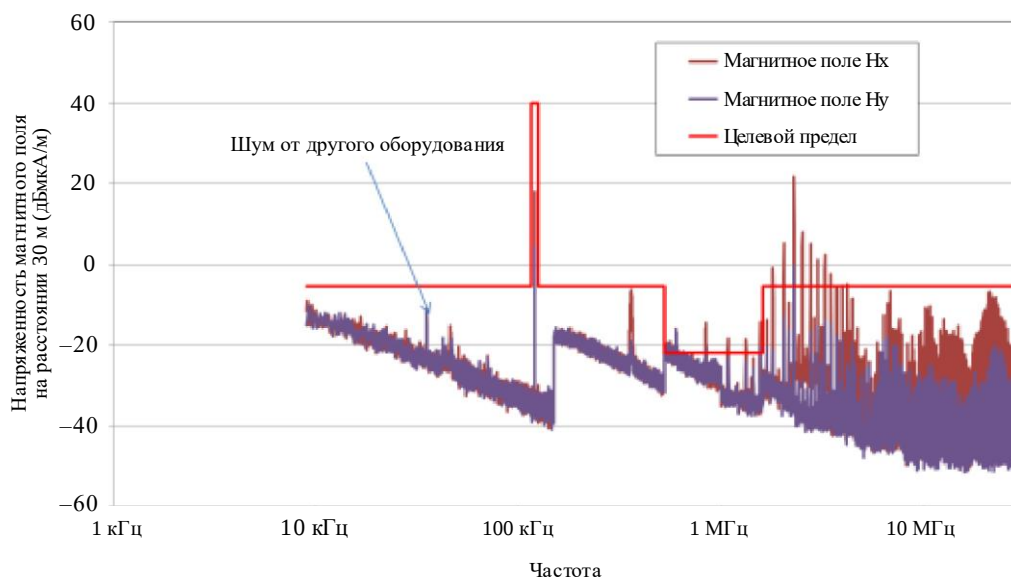
Частоты выше 1606,5 кГц и до 30 МГц: 1/6

Результаты измерения в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц показаны на рисунках А3-11 и А3-12. На рисунке А3-13 приводится результат измерения гармонических составляющих более высокого порядка для каждого экземпляра испытательного оборудования. Результаты этих измерений показывают, что испытательное оборудование В удовлетворяет ориентировочному целевому пределу излучаемого шума. Испытательное оборудование А удовлетворяет ориентировочному целевому пределу для частоты БПЭ и не удовлетворяет ориентировочному целевому пределу для другого диапазона частот. Однако представляется, что при включении подходящих устройств подавления высокочастотного шума можно добиться соблюдения ориентировочного целевого предела.

Результаты измерения в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц показаны на рисунках А3-14 и А3-15.

РИСУНОК А3-11

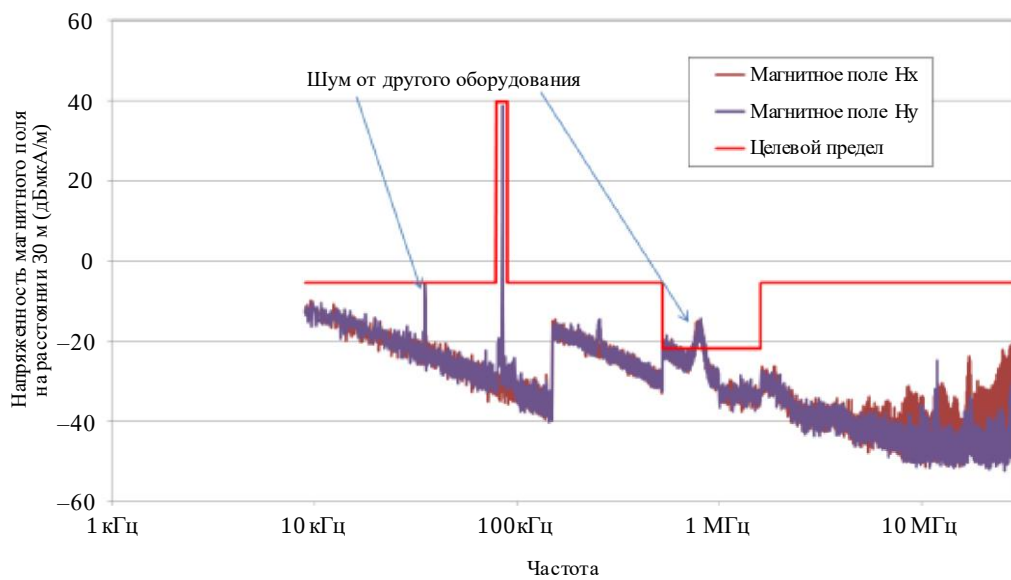
Излучаемый шум испытательного оборудования А (9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-11

РИСУНОК А3-12

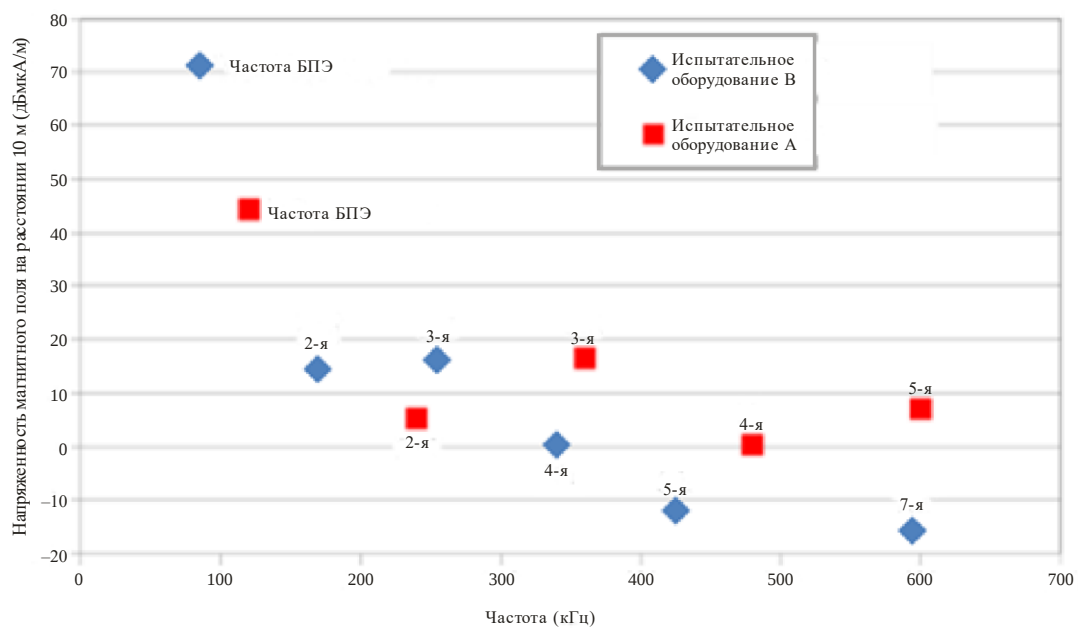
Излучаемый шум испытательного оборудования В (9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-12

РИСУНОК А3-13

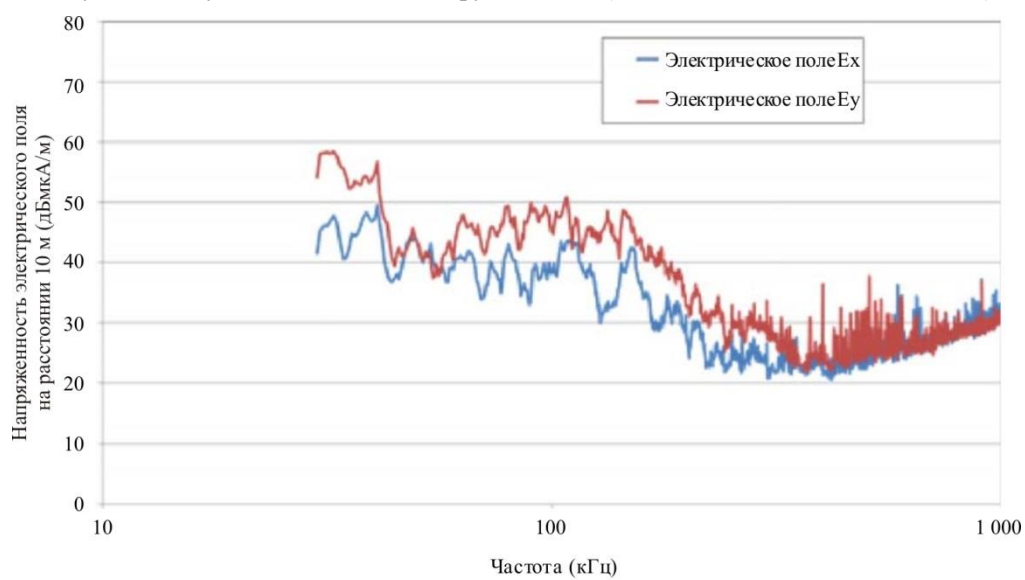
Результаты измерения гармонических составляющих более высокого порядка
(квазипиковое значение)



Report SM.2303-A3-13

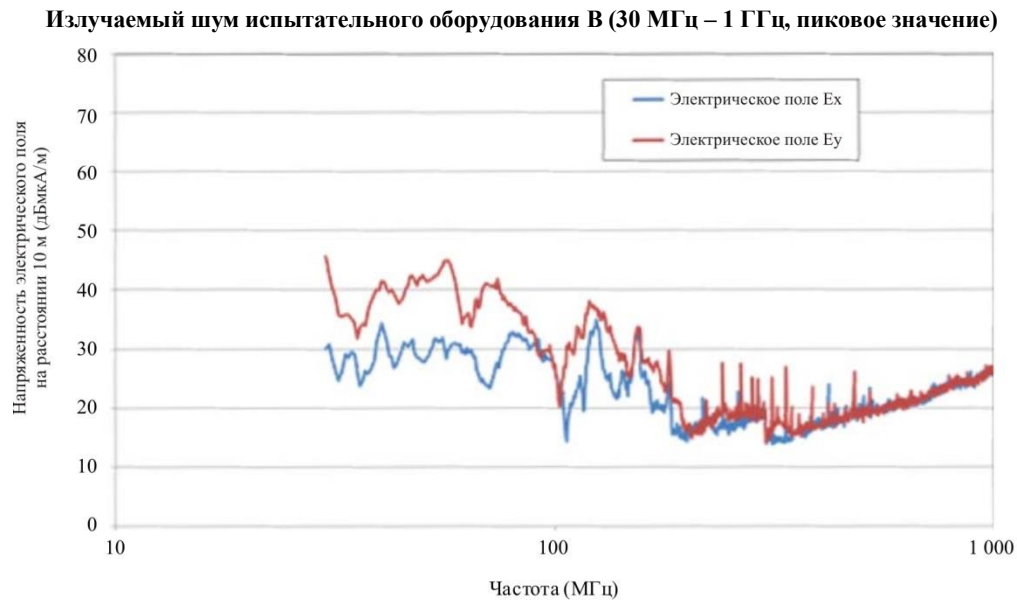
РИСУНОК А3-14

Излучаемый шум испытательного оборудования А (30 МГц – 1 ГГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-14

РИСУНОК А3-15

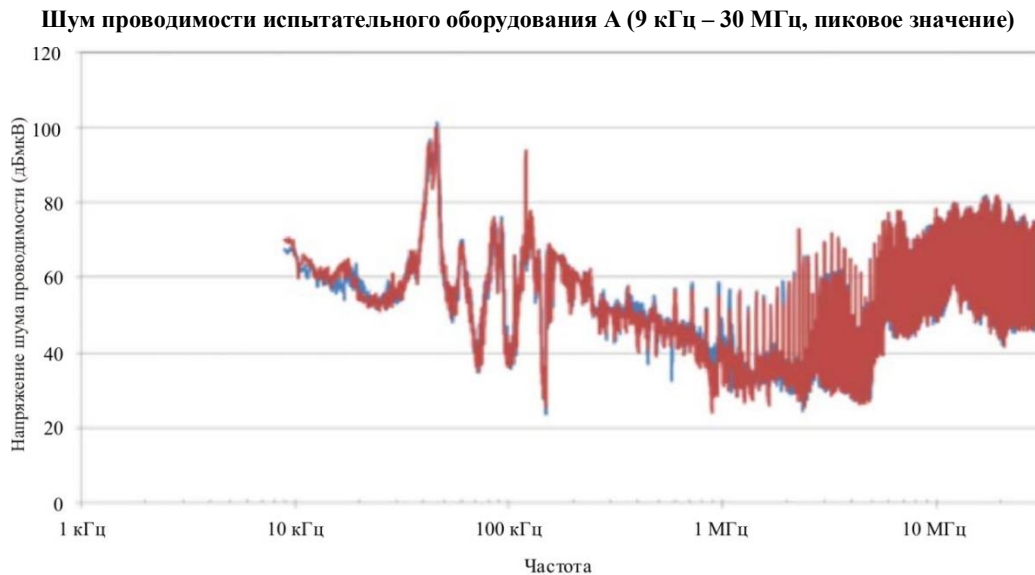


Report SM.2303-A3-15

3) Шум проводимости

Результаты измерения шума проводимости в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц показаны на рисунках А3-16 и А3-17.

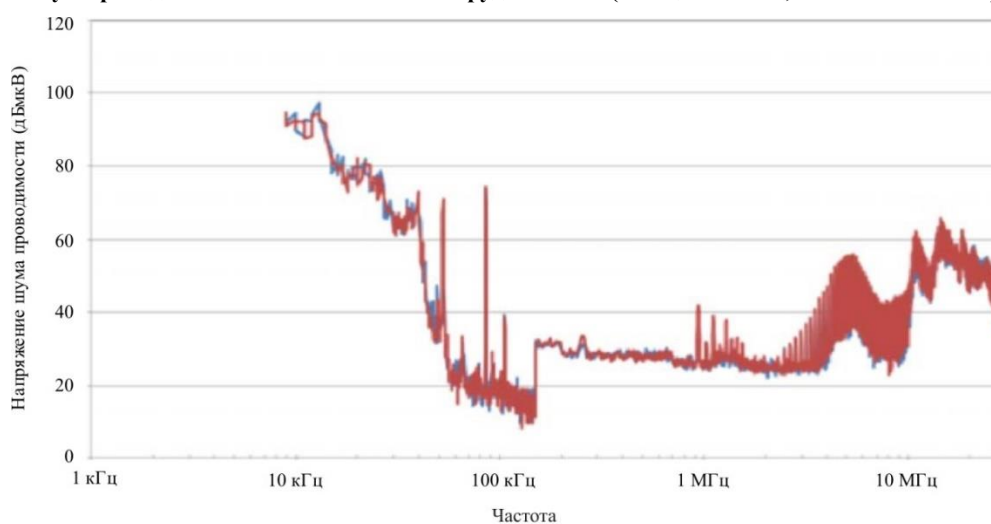
РИСУНОК А3-16



Report SM.2303-A3-16

РИСУНОК А3-17

Шум проводимости испытательного оборудования В (9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-17

4.2 Мобильные и переносные устройства, в которых используется технология на основе магнитного резонанса

1) Общие сведения об испытательном оборудовании

В таблице А3-2 приведены общие сведения об испытательном оборудовании для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе магнитного резонанса. Частота БПЭ равна 6,78 МГц. На рисунке А3-18 изображена типовая структура обмотки для данного испытательного оборудования.

Данная структура обмотки находится внутри измеряемого переносного устройства. Мощность передачи данного испытательного оборудования составляет 16,8 Вт. В приведенных ниже результатах измерения мощность передачи преобразована в 100 Вт, а расстояние измерения пересчитано в 30 м с использованием коэффициента пересчета, указанного в пункте 4.1 (2). Отметим, что испытательное оборудование не содержит устройств подавления гармонических составляющих частоты БПЭ более высокого порядка.

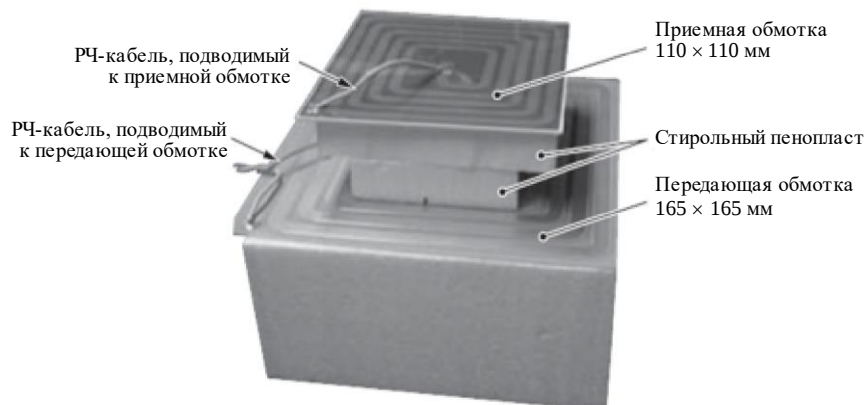
ТАБЛИЦА А3-2

Общие сведения об испытательном оборудовании для мобильных и переносных устройств, использующих магнитный резонанс

Система БПЭ	Мобильные устройства и ИТ-устройства
Технология БПЭ	Магнитный резонанс
Частота БПЭ	6,78 МГц
Условия БПЭ	Мощность передачи 16,8 Вт Расстояние передачи энергии несколько сантиметров

РИСУНОК А3-18

Типовая структура обмотки испытательного оборудования для мобильных и переносных устройств, использующих магнитный резонанс



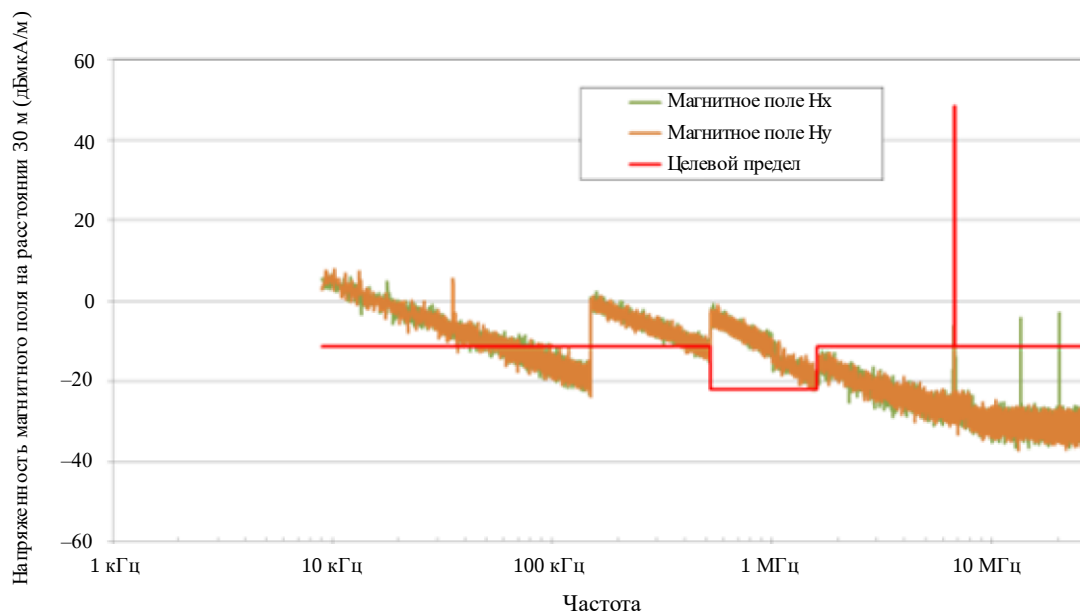
Report SM.2303-A3-18

2) Излучаемый шум

Измерения излучаемого шума от испытательного оборудования проводились в экранированной безэховой камере. Результаты измерения в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц, от 30 МГц до 1 ГГц и от 1 ГГц до 6 ГГц показаны на рисунках А3-19, А3-20 и А3-21 соответственно. Кроме того, на рисунке А3-22 приводится результат измерения гармонических составляющих более высокого порядка данного испытательного оборудования. По результатам этих измерений установлено, что данное испытательное оборудование удовлетворяет ориентировочному целевому пределу излучаемого шума для частоты БПЭ. Кроме того, признано, что на частотах выше 1 ГГц шум излучения отсутствует.

РИСУНОК А3-19

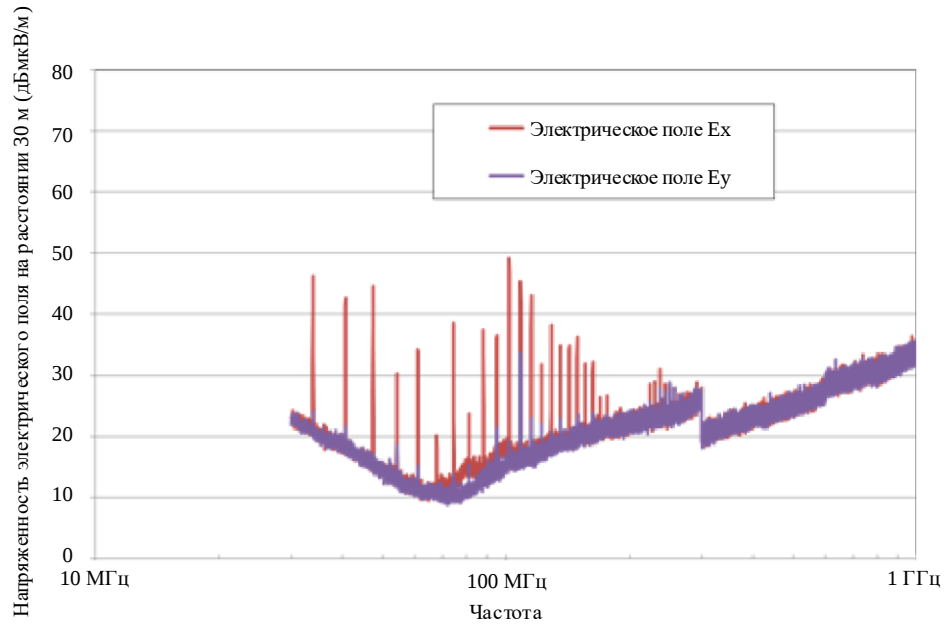
Излучаемый шум испытательного оборудования (9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-19

РИСУНОК А3-20

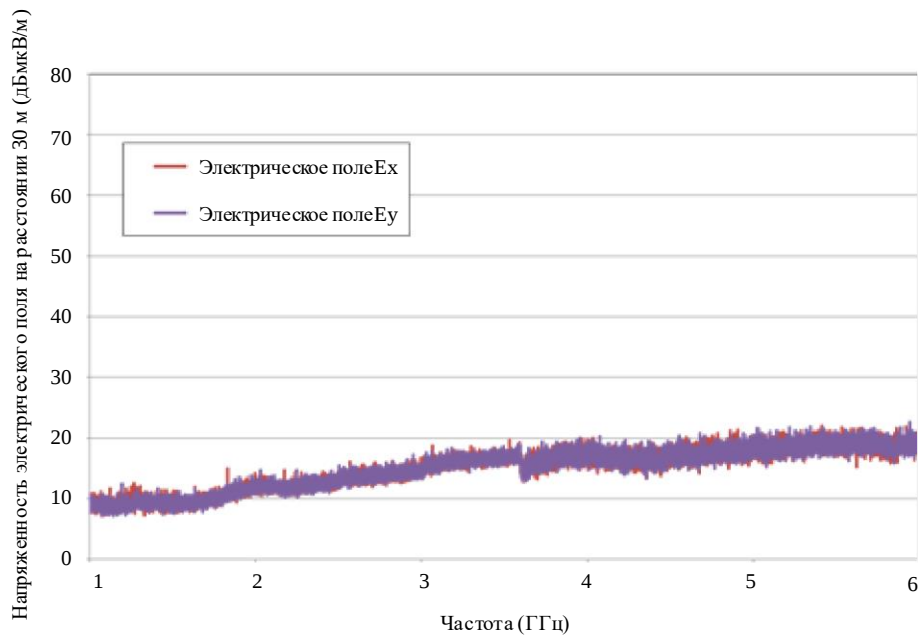
Излучаемый шум испытательного оборудования (30 МГц – 1 ГГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-20

РИСУНОК А3-21

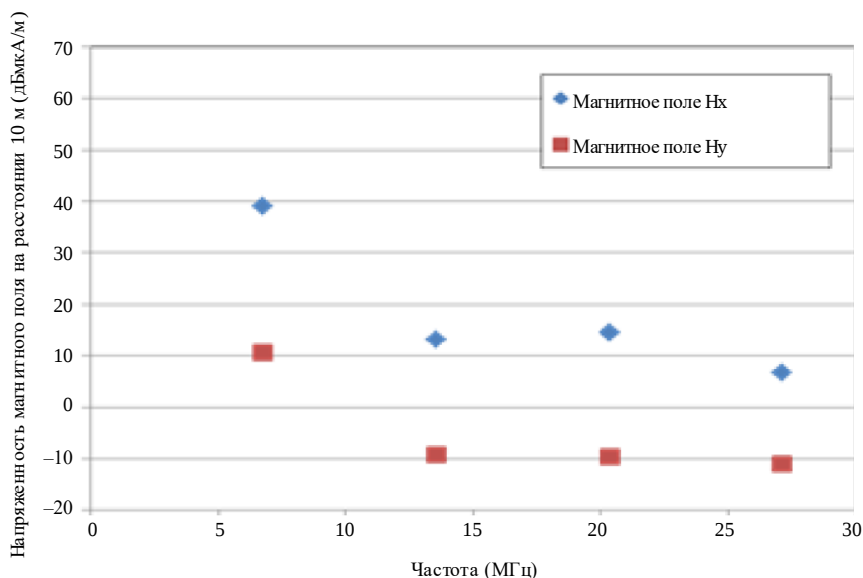
Излучаемый шум испытательного оборудования (1–6 ГГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-21

РИСУНОК А3-22

Результаты измерения гармонических составляющих более высокого порядка
(квазипиковое значение)



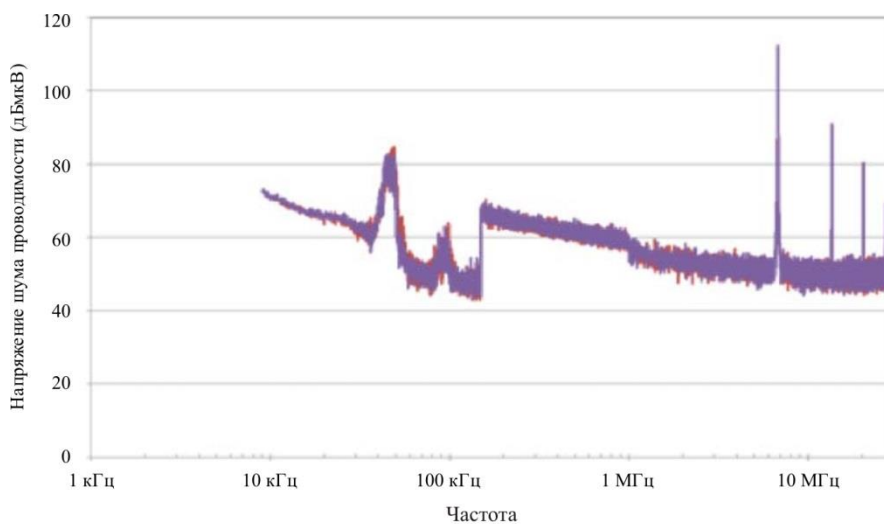
Report SM.2303-A3-22

3) Шум проводимости

Результаты измерения шума проводимости в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц показаны на рисунке А3-23.

РИСУНОК А3-23

Шум проводимости испытательного оборудования
(9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-23

4.3 Бытовые приборы, в которых используется технология на основе магнитной индукции

1) Общие сведения об испытательном оборудовании

В таблице А3-3 приведены общие сведения об испытательном оборудовании для бытовых приборов, в которых используется технология на основе магнитной индукции. В этой системе БПЭ имеются две структуры обмоток, показанные на рисунке А3-24. Частота БПЭ равна 23,4 кГц и 94 кГц. Мощности передачи равны 1,5 кВт для испытательного оборудования А и 1,2 кВт для испытательного оборудования В соответственно. Расстояние измерения пересчитано в 30 м с использованием

коэффициента пересчета, указанного в пункте 4.1 (2). Отметим, что эти два экземпляра испытательного оборудования включают устройства подавления гармонических составляющих частоты БПЭ более высокого порядка.

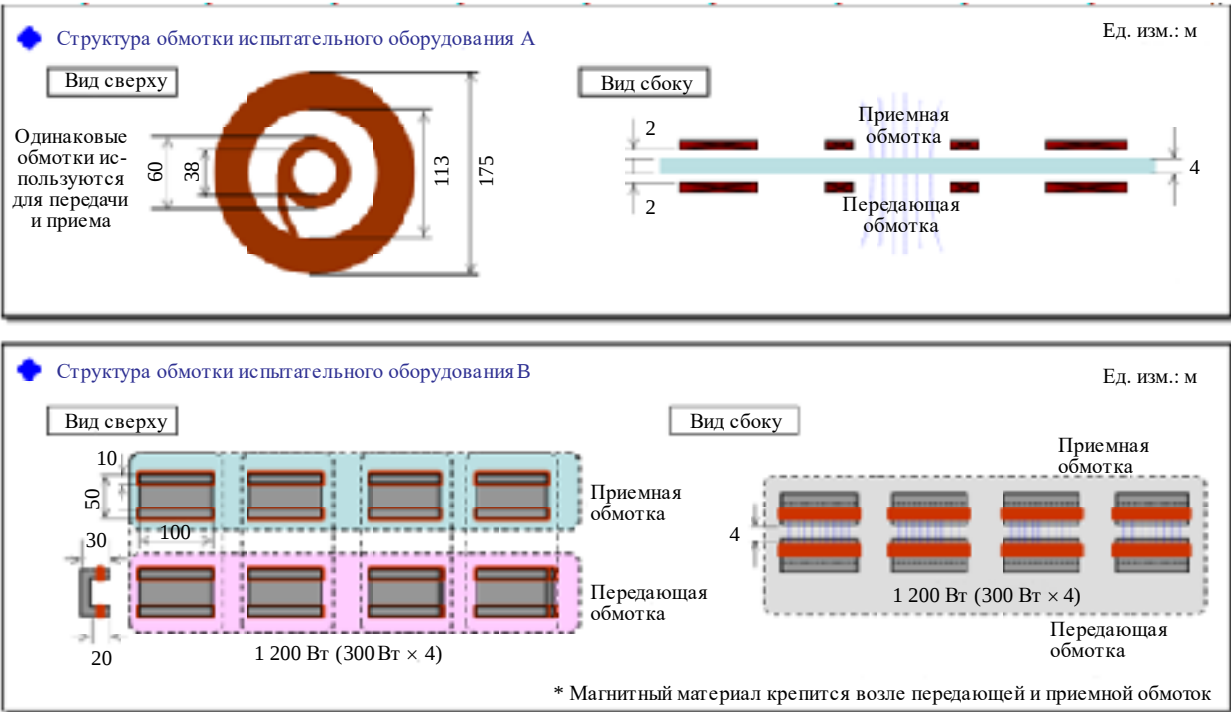
ТАБЛИЦА А3-3

Общие сведения об испытательном оборудовании для бытовых приборов, использующих магнитную индукцию

Система БПЭ	Бытовые приборы
Технология БПЭ	Технология на основе магнитной индукции
Частота БПЭ	Испытательное оборудование А 23,4 кГц Испытательное оборудование В 95 кГц
Условия БПЭ	Мощность передачи (испытательное оборудование А) 1,5 кВт Мощность передачи (испытательное оборудование В) 1,2 кВт Расстояние передачи энергии менее 1 см

РИСУНОК А3-24

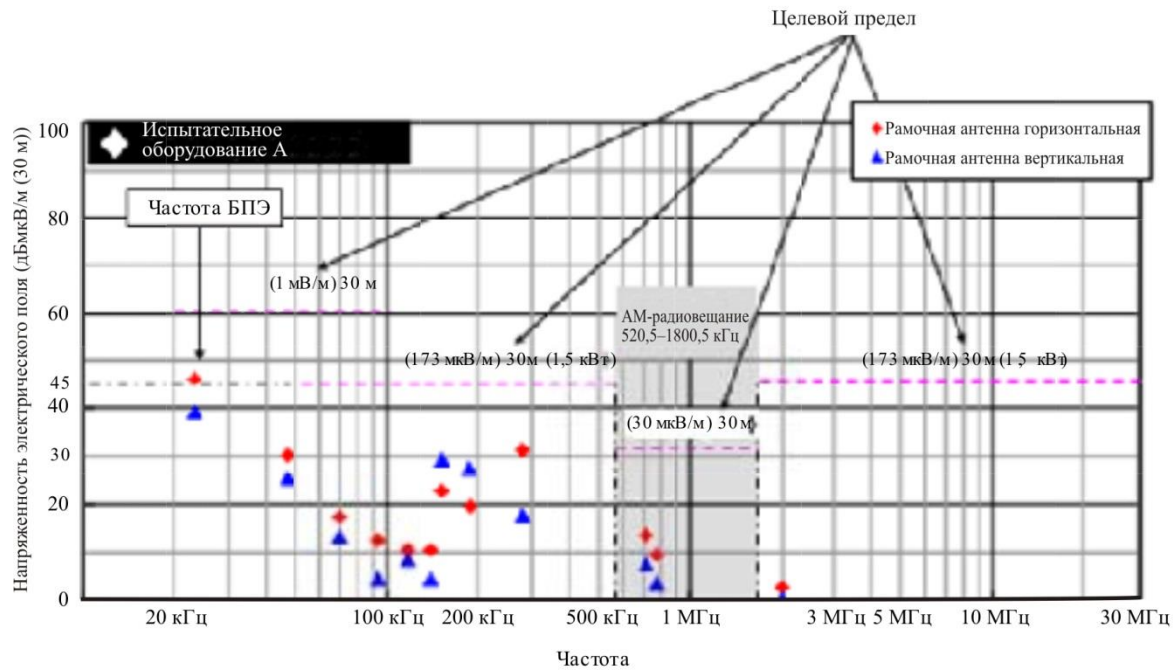
Типовые структуры обмотки испытательного оборудования для бытовых приборов, в которых используется технология на основе магнитной индукции



2) Излучаемый шум

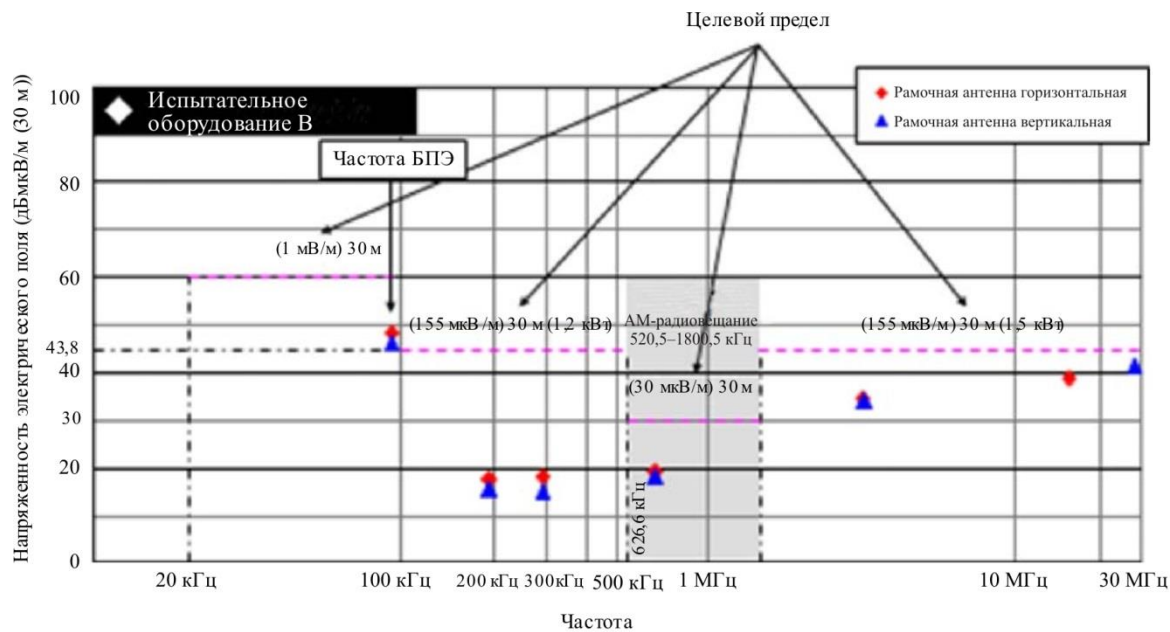
Измерения излучаемого шума от каждого экземпляра испытательного оборудования проводились в экранированной безэховой камере. Результаты измерения в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц показаны на рисунках А3-25 и А3-26 для каждого экземпляра испытательного оборудования. Измерения в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц проводились только для испытательного оборудования А. Данный результат показан на рисунке А3-27. По результатам этих измерений установлено, что эти два экземпляра испытательного оборудования удовлетворяют ориентировочному целевому пределу излучаемого шума для частоты БПЭ и более высоких частот.

РИСУНОК А3-25
Излучаемый шум испытательного оборудования А
(9 кГц – 30 МГц, квазипиковое значение)



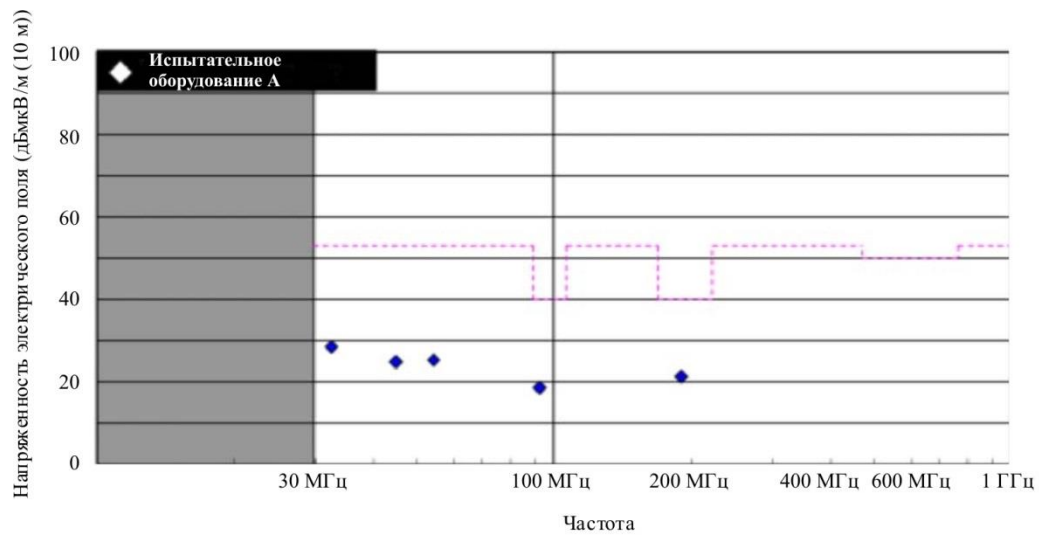
Report SM.2303-A3-25

РИСУНОК А3-26
Излучаемый шум испытательного оборудования В
(9 кГц – 30 МГц, квазипиковое значение)



Report SM.2303-A3-26

РИСУНОК А3-27

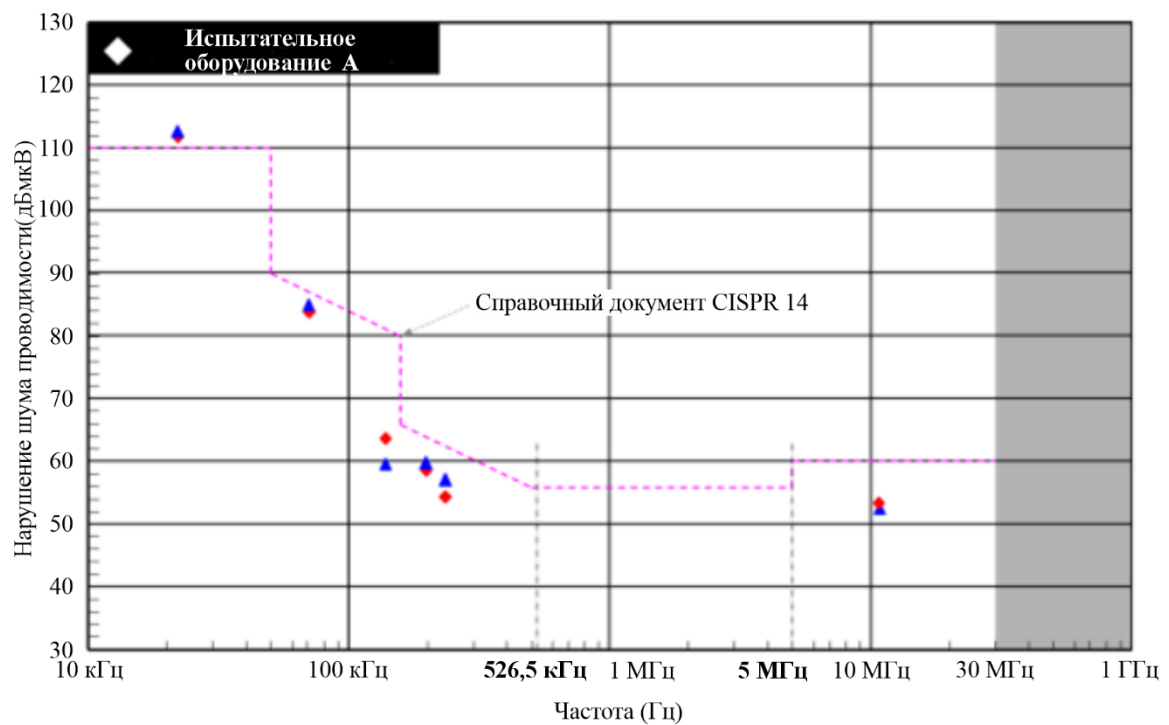
**Излучаемый шум испытательного оборудования А
(30 МГц – 1 ГГц, квазипиковый уровень)**

Report SM.2303-A3-27

3) Шум проводимости

Результаты измерения шума проводимости в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц показаны на рисунке А3-28.

РИСУНОК А3-28

**Шум проводимости испытательного оборудования А
(9 кГц – 30 МГц, квазипиковое значение)**

Report SM.2303-A3-28

4.4 Мобильные и переносные устройства, в которых используется технология на основе емкостной связи

1) Общие сведения об испытательном оборудовании

В таблице АЗ-4 приведены общие сведения об испытательном оборудовании для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи. На рисунках АЗ-29 и АЗ-30 изображены испытательное оборудование для данного измерения и блок-схема системы БПЭ соответственно. Частота БПЭ равна 493 кГц. Мощность передачи составляет максимум 40 Вт. Отметим, что данное испытательное оборудование соответствует максимально возможному количеству требований к коммерческим продуктам, в том числе к конструкции защитного экрана для подавления излучения и гармонических составляющих более высокого порядка.

ТАБЛИЦА АЗ-4

Общие сведения об испытательном оборудовании для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи

Система БПЭ	Мобильные устройства и устройства ИТ
Технология БПЭ	Связь по электрическому полю
Частота БПЭ	493 кГц
Условия БПЭ	Мощность передачи максимум 40 Вт Расстояние передачи энергии 2 мм

РИСУНОК АЗ-29

Испытательное оборудование для мобильных и переносных устройств, в которых используется технология на основе емкостной связи

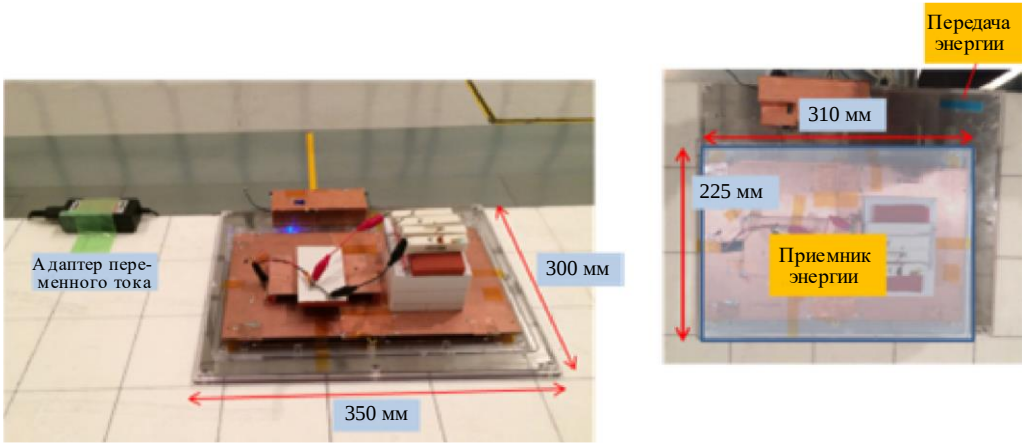
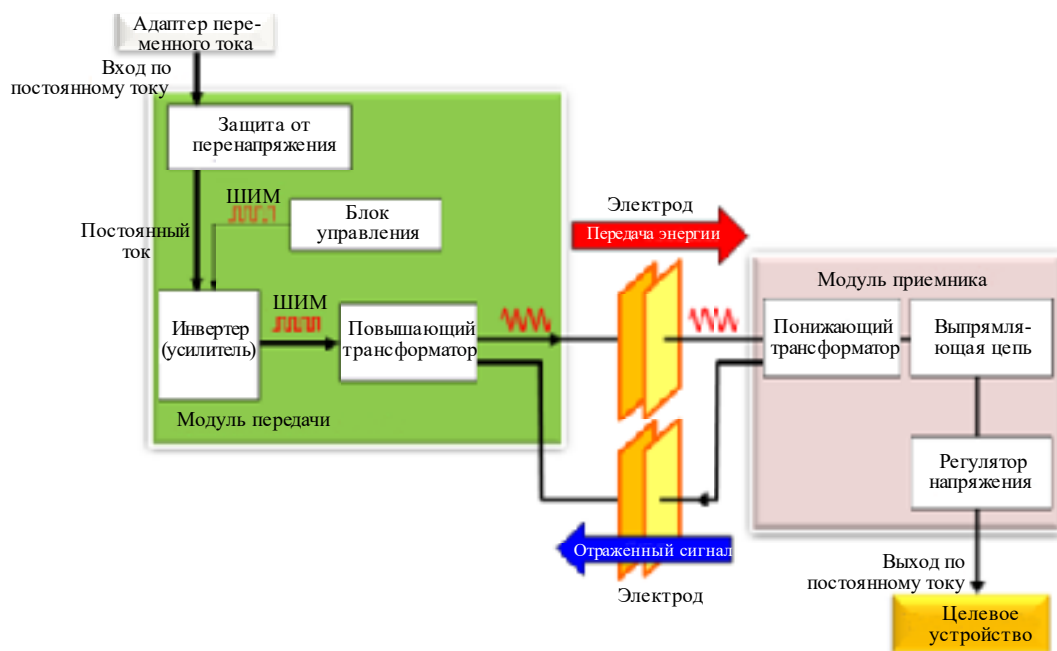


РИСУНОК А3-30

Блок-схема системы БПЭ для мобильных и переносных устройств,
в которых используется технология на основе емкостной связи



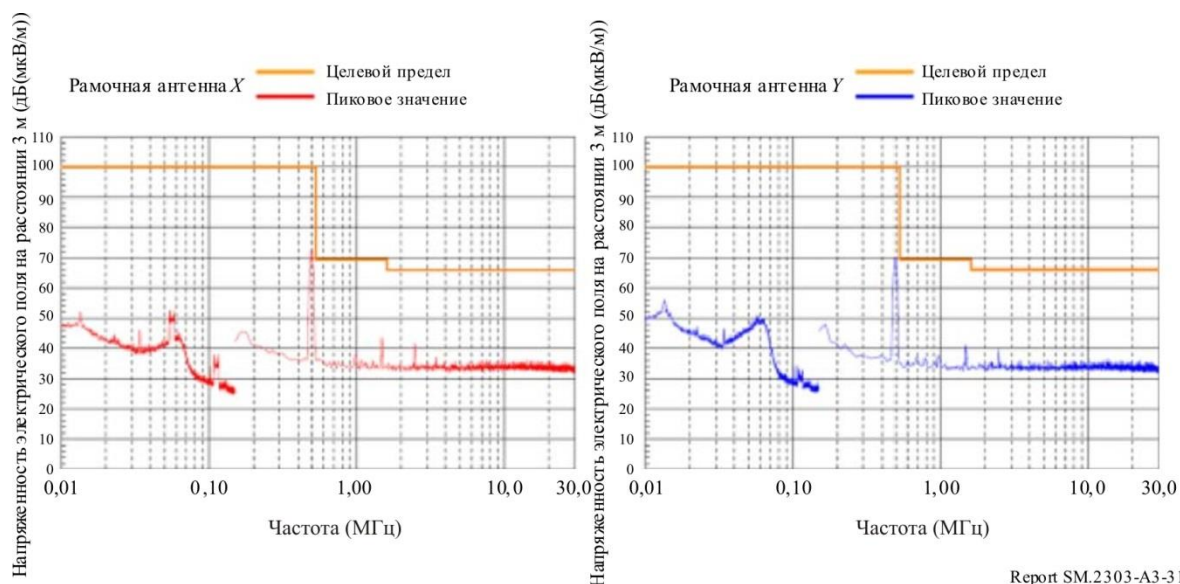
Report SM.2303-A3-30

2) Излучаемый шум

Измерения излучаемого шума от данного испытательного оборудования проводились в экранированной безэховой камере. Результаты измерения в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц, от 30 МГц до 1 ГГц и от 1 ГГц до 6 ГГц показаны на рисунках А3-31, А-32 и А3-33 соответственно. Как показывают результаты измерения, приведенные на рисунке А3-31, излучаемый шум меньше ориентировочного целевого предела, что может быть связано с использованием средств подавления излучения.

РИСУНОК А3-31

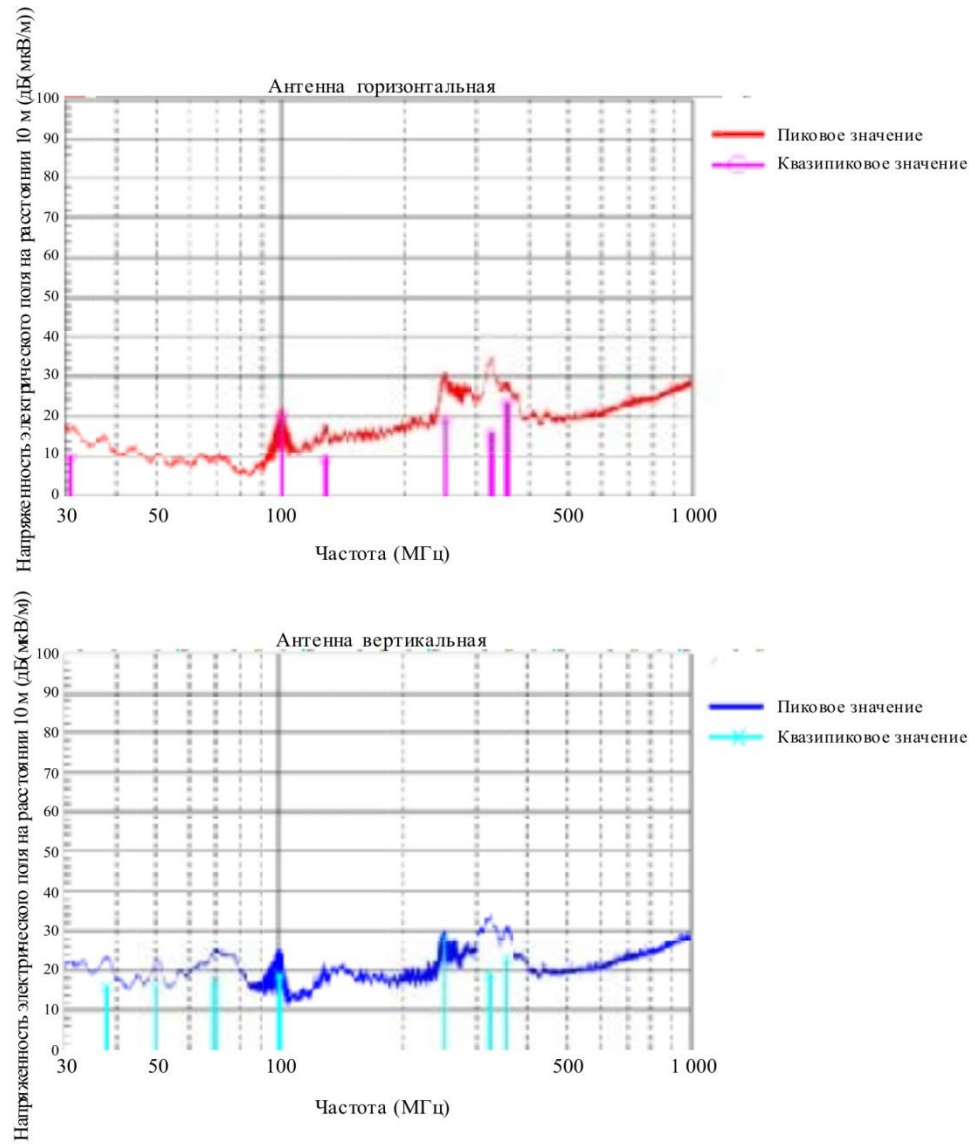
Излучаемый шум (9 кГц – 30 МГц, пиковое значение)



Report SM.2303-A3-31

РИСУНОК А3-32

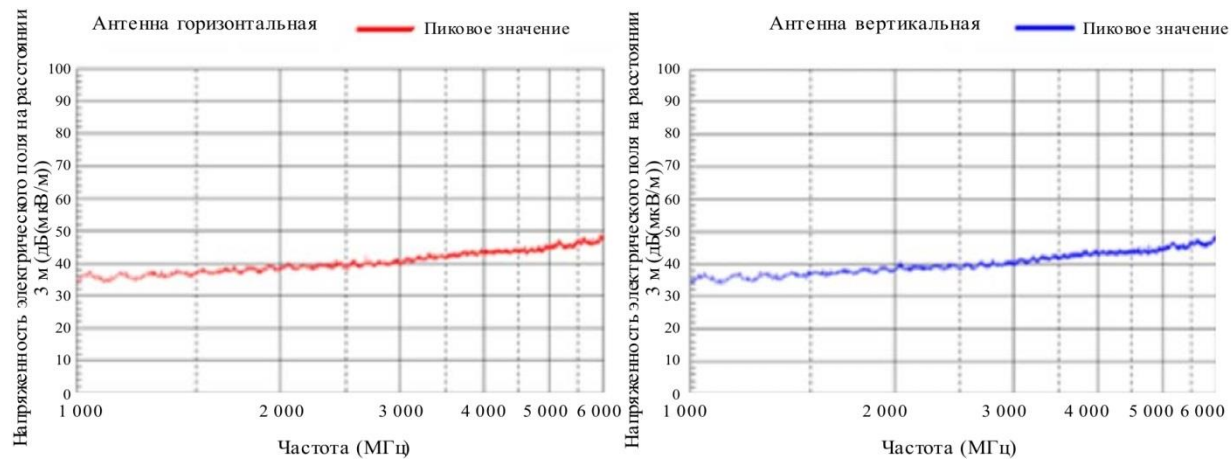
Излучаемый шум (30 МГц – 1 ГГц, пиковое и квазипиковое значение)



Report SM.2303-A3-32

РИСУНОК А3-33

Излучаемый шум (1–6 ГГц, пиковое значение)



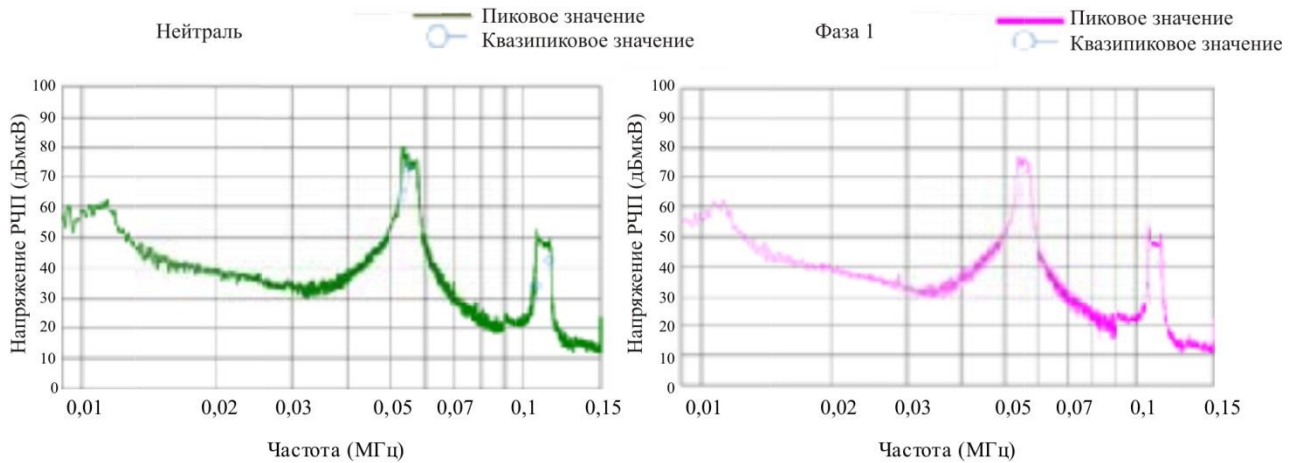
Report SM.2303-A3-33

3) Шум проводимости

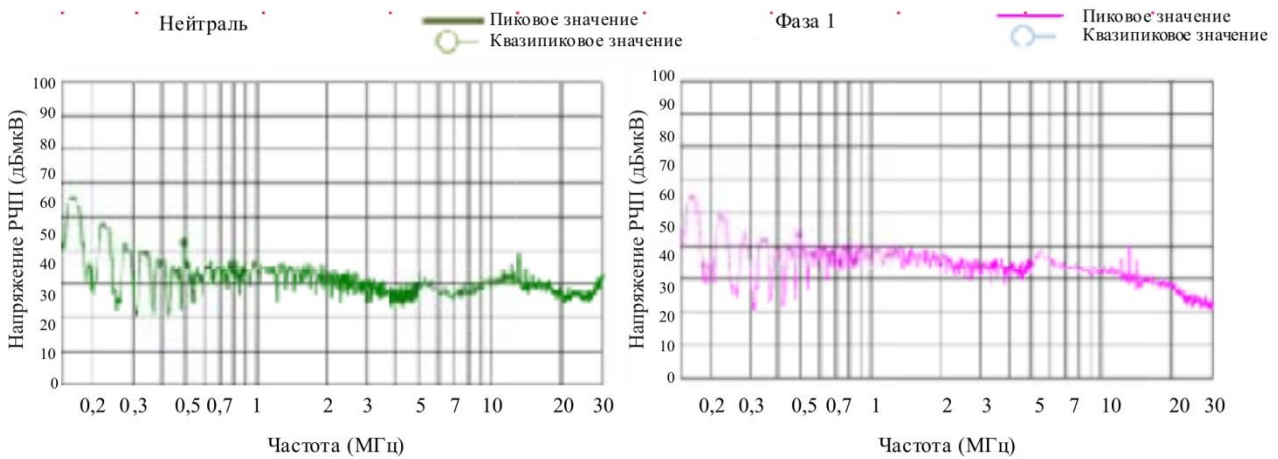
Результаты измерения шума проводимости в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц показаны на рисунке А3-34.

РИСУНОК А3-34

**Шум проводимости испытательного оборудования
(9 кГц – 30 МГц, пиковое и квазипиковое значение)**



а) 9–150 кГц



б) 150 кГц – 30 МГц

Приложение 4

Не используется

(Примечание. – Информация, ранее содержащаяся в Приложении 4, была включена в Приложение 6.3 к Отчету МСЭ-R SM.2451.)

...

Приложение 5

Результаты испытаний на электромагнитные помехи, создаваемые БПЭ

В настоящем Приложении приведены результаты проведенных в Корее испытаний на электромагнитные помехи, создаваемые БПЭ для мобильных устройств.

5.1 Введение

В настоящем Приложении приводятся данные измерения электромагнитных помех, создаваемых системами БПЭ для мобильных устройств, в которых используются технологии магнитной индукции, рассматриваемые в корейском регламенте (KN 17).

* KN 17: метод измерения электромагнитных помех, создаваемых БПЭ для электробытовых приборов мощностью ниже 10 Вт в Корее.

5.2 Общая схема и условия проведения измерений

В Корее методы измерения электромагнитных помех, создаваемых системами БПЭ, регулируются регламентом KN 17:2013-06. Для измерений в диапазоне частот до 30 МГц используется рамочная магнитная антенна диаметром 0,6 м. Подробную информацию см. в EN 16-1-4.

На рисунках А5-1 и А5-2 описаны методы измерения электромагнитных помех от систем БПЭ для мобильных устройств. На рисунке А5-1 показана схема испытательной установки в диапазоне частот 9 кГц – 30 МГц. Свойства испытательной установки в частотном диапазоне 9 кГц ~ 30 МГц можно определить, подтвердив, что уровень фонового шума как минимум на 6 дБ ниже допустимых пределов, указанных в пункте 5.3.

РИСУНОК А5-1

Схема испытательной установки для измерения электромагнитного шума, создаваемого системами БПЭ для мобильных устройств в диапазоне частот 9 кГц – 30 МГц

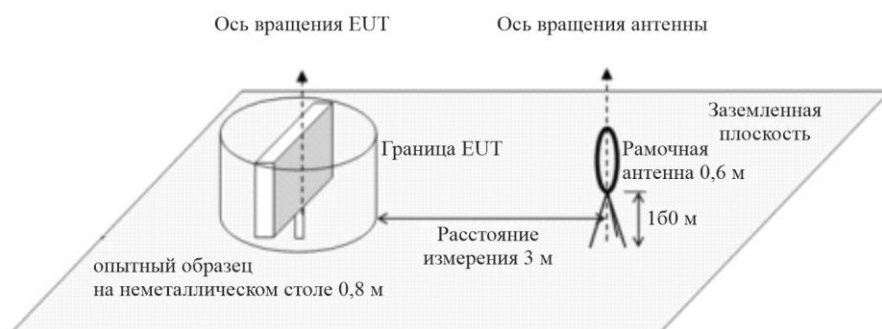
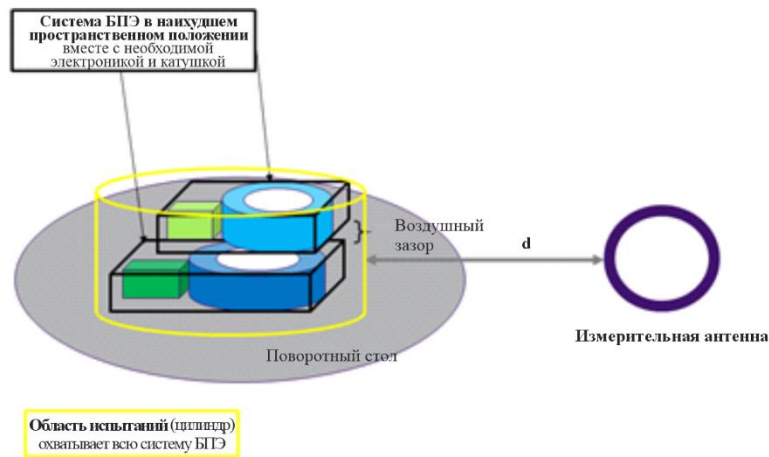


РИСУНОК А5-2

Установка для передачи энергии (горизонт передатчика и горизонт антенны)



Report SM.2303-A5-2

5.3 Предельный уровень излучения

В Корее предельные уровни излучения регулируются регламентом KN 17. Испытуемое оборудование (EUT) должно соответствовать ограничениям, указанным в таблице А5-1. Согласно стандарту EN 300 330-1, Приложение F, преобразование предельных значений напряженности магнитного поля на расстоянии 10 м в значения на расстоянии 3 м задается следующим уравнением:

$$H_{3\text{ м}} = H_{10\text{ м}} + \sim 31(\text{от } 0,1 \text{ МГц до } 2 \text{ МГц}).$$

ТАБЛИЦА А5-1

Допустимый уровень помех, создаваемых БПЭ для электробытовых приборов, на частотах ниже 30 МГц

Диапазон частот (МГц)	Квазипиковые предельные значения (дБмкВ/м)	Расстояние измерения (м)
0,009 ~ 0,45	$47 - 20 \log f$	3
0,45 ~ 30	54	
f в (МГц) 2 Запас по гармоникам: 3-я гармоника (+20 дБ), 5-я гармоника (+10 дБ), 7/9-я гармоники (+5 дБ) 3 Константа для преобразования дальнего электрического поля в магнитное поле: 51,5 дБмкА/м = дБмкВ/м – 51,5 4 Коэффициент преобразования при измерении магнитного поля: $H_{3м} = H_{10м} + 31$ (ниже 2 МГц) (см. EN 300 330-1)		

5.4 Электромагнитные помехи

Дается описание результатов измерения электромагнитных помех, создаваемых системами БПЭ для мобильных устройств. Оборудование для испытания систем БПЭ для мобильных устройств имеется в широкой продаже.

5.4.1 Мобильные устройства, использующие технологии магнитной индукции

5.4.1.1 Обзор оборудования для испытаний

В таблице A5-2 представлен обзор испытываемого оборудования (EUT) систем для зарядки мобильных устройств, использующих технологии магнитной индукции. Частотой БПЭ является частота 144,6 кГц. На рисунке A5-3 показаны передатчик и приемник EUT.

ТАБЛИЦА A5-2

Обзор испытываемого оборудования систем для зарядки мобильных устройств, использующих технологии магнитной индукции

EUT	Передатчик: SAMSUNG WIRELESS CHARGER EP-PG9201 Приемник: SAMSUNG Galaxy S7
Технология БПЭ	Магнитная индукция
Частота БПЭ	144,6 кГц
Условия БПЭ	Типичная мощность передачи 5 Вт (КПД БПЭ выше 75%) Расстояние передачи энергии 1 см и менее

РИСУНОК A5-3

Обзор испытываемого оборудования систем для зарядки мобильных устройств, использующих технологии магнитной индукции



Report SM.2303-A5-3

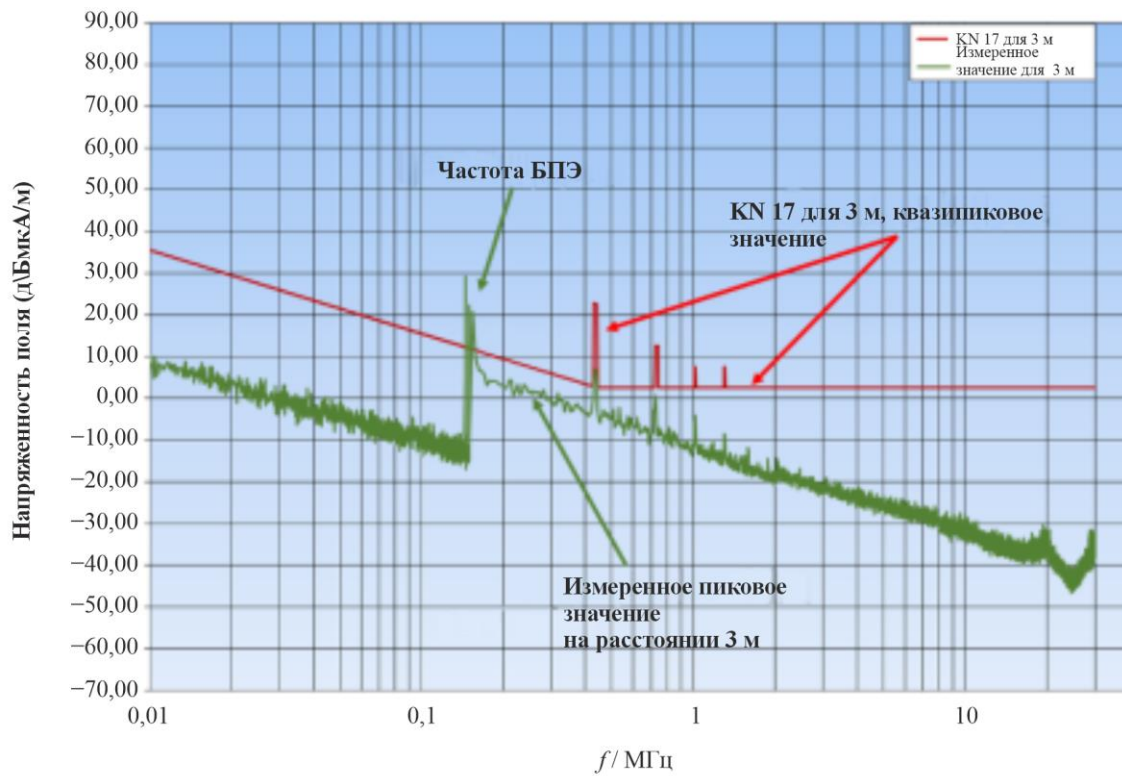
5.4.1.2 Электромагнитные излучения

Излучения оборудования EUT измерялись в типовой полубезэховой камере для расстояния измерения 3 м с проводящей заземленной плоскостью. Результаты измерений в диапазоне 9 кГц – 30 МГц представлены на рисунке A5-4. Эти результаты соответствуют корейскому регламенту KN 17; красная линия на рисунке указывает уровень KN 17 на расстоянии 3 м, а темно-зеленая линия – измеренное пиковое значение на том же расстоянии. Уровень излучения составляет 29,27 дБмкА/м на частоте БПЭ 144,6 кГц, значение для 3-й гармоники равно –0,71 дБмкА/м на частоте 434 кГц, значение для 5-й гармоники равно 0,61 дБмкА/м на частоте 726 кГц, значение для 7-й гармоники составляет –4,07 дБмкА/м на частоте 1018 кГц и для 9-й гармоники –8,76 дБмкА/м на частоте 1306 кГц.

Излучения на основной несущей частоте БПЭ регулируются предельными нормами напряженности слабого электромагнитного поля, а в отношении гармоник применяется значение KN 17 в соответствии с корейским Законом о радиоволнах. В соответствии с корейским техническим регламентом предельно допустимое значение напряженности поля на частоте БПЭ составляет 94,8 дБмкВ/м, а в соответствии с EN 303 417 предельно допустимое значение на той же частоте равно 89,2 дБмкВ/м. Измеренное значение на частоте БПЭ 144,6 кГц составляет 80,77 дБмкВ/м. Излучение на основной несущей БПЭ удовлетворяет требованиям корейского и европейского технических регламентов, а гармоники соответствуют ограничениям по электромагнитной совместимости KN 17.

РИСУНОК А5-4

Горизонт передатчика и горизонт антенны (9 кГц – 30 МГц, измеренное значение на расстоянии 3 м)

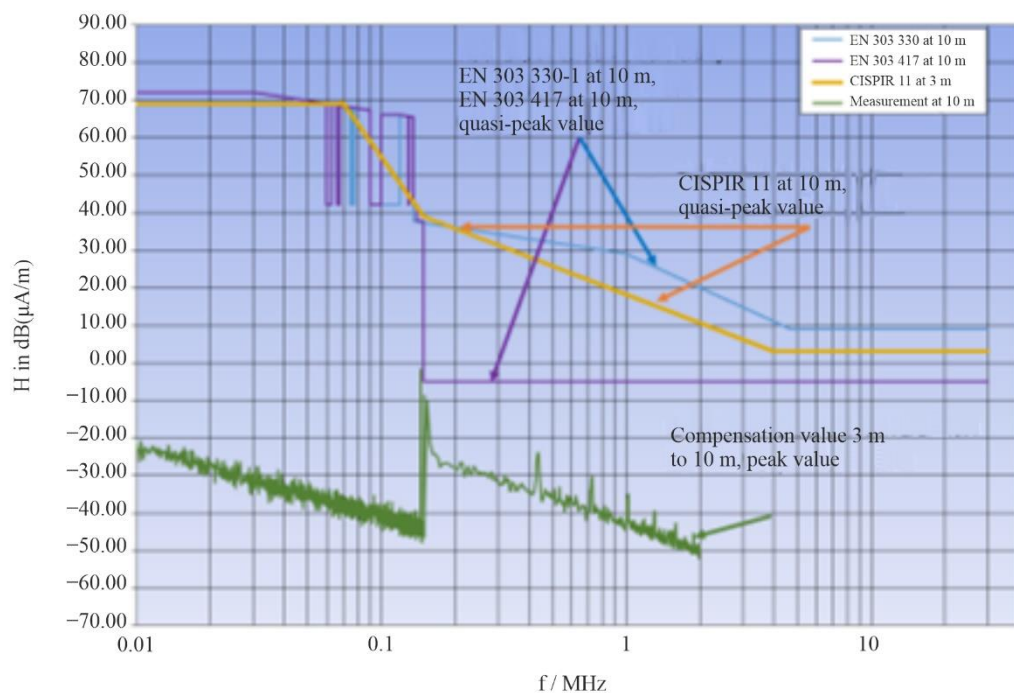


Report SM.2303-A5-4

На рисунке А5-5 компенсированные значения, полученные путем преобразования данных измерения (пиковых значений) на расстоянии 3 м в данные на расстоянии 10 м с использованием коэффициента преобразования 31 согласно EN 300 330-1, Приложение F, в диапазоне между 100 кГц и 2 МГц соответствуют европейским стандартам и требованиям СИСПР 11.

РИСУНОК А5-5

Горизонт передатчика, горизонт антенны (9 кГц – 30 МГц, компенсированное значение, полученное путем преобразования данных для 3 м в данные для 10 м)



Report SM.2303-A5-5

Следовательно, поскольку компенсированное значение соответствует международным стандартам EN 303 417 и СИСПР 11, как показано на рисунке А5-5, оно считается удовлетворяющим международным требованиям при измерении электромагнитного излучения оборудования БПЭ для мобильных устройств на расстоянии 10 м

Приложение 6

Планирование радиовещания

Вещательные радиопередатчики могут создавать и создают помехи друг другу, поэтому выбор рабочей частоты для каждого передатчика имеет критическое значение. Как правило, службы радиовещания планируются по принципу ограничения по помехам. Зона обслуживания конкретного передатчика – это зона внутри контура, за пределами которого служба становится непригодной из-за помех. То, в чем именно заключается "непригодность", зависит от типа программного материала или целевой аудитории, но при определении критериев планирования принимаются определенные предположения.

Кроме того, изменчивость условий распространения означает, что имеет место статистический элемент, который аналогичным образом учитывается в критериях планирования. Определенный сигнал считается непригодным для использования, когда он заглушается помехами, вызванными естественными источниками, внутренним шумом в приемнике или другими радиовещательными службами.

Региональные планы присвоения частот в НЧ/СЧ-диапазоне – Женева-75 (GE75) и Рио-де-Жанейро 1981 года (RJ81) – показывают, как МСЭ реализует такие соображения на практике.

Если для охвата одного и того же географического района разными программами необходимы два передатчика, они должны работать на разных частотах и разделение частот должно быть таким, чтобы

приемник мог отделить одну от другой. Такая способность приемника называется избирательностью и определяется качеством фильтрации радиочастотного (РЧ) тракта приемника. Современные радиоприемники, как правило, лучше старых в этом отношении, но поскольку в мире работает большое количество старых радиоприемников, МСЭ установил консервативные критерии планирования. Полосы радиовещания недостаточно широки, чтобы позволить каждой станции во всем мире использовать уникальную частоту, надежно изолированную от всех остальных. Это подразумевает необходимость повторного использования частот. Главным условием для повторного использования частот без причинения помех является географическое разнесение. Когда два передатчика работают на одной и той же частоте, расстояние географического разнесения между ними должно быть достаточно значительным, чтобы гарантировать, что в пределах определенной зоны обслуживания каждый из них не будет создавать вредных помех другому. Если рассмотреть очень простой (гипотетический) случай, когда два передатчика равной мощности работают на одной и той же частоте, то примерно на полпути между ними будет находиться точка, где уровень сигнала обоих передатчиков будет одинаковым. Очевидно, что в этой точке сигнал каждого передатчика окажется непригодным для использования; необходимо приблизиться к одному из них, чтобы найти точку, в которой он доминирует, а помехами от другого можно пренебречь. Во многих случаях именно это явление определяет предел зоны обслуживания того или иного радиопередатчика.

В реальном мире существует большое количество различных радиопередатчиков, работающих в двухмерном географическом пространстве. Каждый из них имеет собственную частоту, мощность и характеристики антенны. Радиовещательные передающие антенны часто бывают направленными, поэтому даже в случае двух передатчиков равной мощности уровень их сигналов в средней географической точке между ними может быть разным. Для упрощения процесса планирования (и его понимания) радиовещательные полосы обычно подразделяются на каналы, хотя это и не строго обязательно. В случае СЧ- и НЧ-передачи в Плане GE75 каналы обычно имеют ширину 9 кГц, а несущие частоты организованы в виде раstra 9 кГц⁷. Таким образом каналы соприкасаются по частоте (без "защитной полосы" между ними), но не перекрываются. Радиочастотный фильтр приемника пытается выделить один канал 9 кГц (с несущей в центре), однако у старых приемников, в частности у приемников с фильтром на основе сосредоточенного резонансного контура, а не с твердотельным фильтром на основе поверхностной волны, это получается хуже. Признавая, что АМ-радиовещание не является средой HiFi, во многих приемниках устанавливают радиочастотные фильтры с полосой пропускания уже 9 кГц. На практике это означает, что два передатчика, работающие в соседних каналах, не могут охватывать один и тот же географический район, поскольку помехи от каждого из них будут "протекать" в канальный фильтр другого. Однако вышеупомянутые передатчики могут работать при меньшем расстоянии географического разнесения между ними, поскольку фильтр уменьшает уровень помех. Понятно, что большее разнесение частот улучшит ситуацию; передатчик, работающий во втором соседнем канале, можно использовать на более близком расстоянии, на третьем – еще ближе и т. д. до тех пор, пока вообще никакого географического разнесения не потребуется. В большинстве мест в одной и той же полосе работают несколько радиовещательных служб и не мешают друг другу благодаря достаточному частотному разнесению.

Все эти принципы, включая предположения о типичной избирательности радиоприемника, учтены в руководящих указаниях МСЭ по планированию, таких как Планы GE75 и RJ81. Распространение радиоволн не признает государственных границ, и поэтому планирование должно осуществляться на международном уровне. Почти все администрации согласовали распределения радиовещательных частот, которые публикуются в ИФИК БР МСЭ. Эти распределения привязаны к определенным географическим местам, и в согласованном плане указаны мощность передатчика и направленность антенны. Хотя большинство этих распределений постоянны, в них могут вноситься и вносятся поправки для удовлетворения меняющихся потребностей в услугах различных радиовещательных организаций. В МСЭ есть компьютерные программы, которые моделируют последствия изменений в согласованном плане, чтобы определить, можно ли их принять или как их для этого адаптировать.

⁷ Хотя почти все каналы в рамках Плана GE75 имеют ширину 9 кГц, существует очень небольшое их число с более широким распределением. Также можно разместить несущие частоты, не совпадающие с растром 9 кГц. Схемы размещения каналов для Плана RJ81 немного сложнее и основаны на растре 10 кГц.

С учетом вышесказанного выбор частоты и раstra, который определяет механизмы каналообразования, используемые для планирования, является важным фактором, которым ОРС руководствуются в работе, направленной на обеспечение того, чтобы стандарты оборудования БПЭ естественным образом минимизировали риск возникновения помех, используя подходящие параметры в области их применения.

В данной области могут быть установлены рабочая частота для устройства БПЭ и, что возможно еще важнее, соответствующие гармоники, которые надежно отделены от запланированных для этого района радиовещательных служб. Выбор частоты для устройств БПЭ упрощается при использовании одного и того же раstra планирования радиочастот.

Также важно учитывать характеристики излучения устройств БПЭ в районе, который может быть затронут (стабильность частоты, содержание гармоник и, главное, напряженность поля). По сути, это решение по ослаблению помех предполагает, что требования к спектральной чистоте и стабильности частоты, установленные стандартами приборов и оборудования МСЭ-R, будут такими же строгими, как и для ПНМ-применений.
