



РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Научно-техническая библиотека

**Электромагнитные поля электрифицированных ЖД,
исследование их негативного влияния, разработка
эффективных методов расчета
тематический обзор научной литературы**



**Ростов-на-Дону
2023**

Составитель: зав. ОМНИД НТБ Ю.И. Гладкова

1. Аполлонский, С. М. Электромагнитные поля в многосвязных неоднородных средах : монография. Т. 1/ С. М. Аполлонский. – Москва : Русайнс, 2022. – 390 с. – Текст : электронный. – EDN OSLGKZ // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49528389>.

Монография включает материалы, разработанные автором и специалистами, с ним сотрудничавшими, по проблемам расчёта электромагнитных полей широкого частотного спектра в многосвязных неоднородных средах. Модели расчёта включают классические уравнения математической физики; эквивалентные граничные условия; теоремы переразложения решений электродинамики в ортогональных криволинейных системах координат, а также сумматорные уравнения в сложных экранирующих структурах. Для ряда моделей дан рациональный алгоритм расчета. Материал монографии может быть использован студентами всех специальностей 100400, 180100, 180200, 200400, изучающих дисциплину «Теоретические основы электротехники», раздел «Электромагнитное поле»; студентами родственных специальностей, изучающими электромагнитное поле; магистрами; аспирантами; научными и инженерно-техническими работниками, занимающимися расчетами электромагнитных полей в многосвязных неоднородных многослойных структурах и экранирующих оболочках, связанных с работой электронного оборудования, линий связи, с проблемами электро-магнитной безопасности и электромагнитной экологии.

2. Афолина, С. С. Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты / С. С. Афолина. – Текст : электронный // Современные исследования как ответ на вызовы нового времени : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции электроэнергетического факультета, посвященной Дню Российской науки, г. Ставрополь, 07-11 февраля 2022 года. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2022. – С. 141-147. – EDN GAKAZD // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48069864>.

Представлен материал по воздействию электромагнитных полей на биологические объекты. Биологическое действие ЭМП зависит от длины волны или частоты излучения, режима генерации (непрерывный, импульсный), условий воздействия на организм (постоянное, прерывистое, общее, местное).

Влияние электромагнитного поля на:

Нервную систему

1. Нарушается передача нервных импульсов
2. Происходит угнетение высшей нервной деятельности
3. Ухудшается память
4. Нарушается структура капиллярного барьера головного мозга

Иммунную систему

1. Изменяется характер инфекционного процесса – течение инфекционного процесса отягощается аутоиммунной реакцией

Эндокринно-регулятивную систему

1. Происходит стимуляция гипофиза, сопровождающаяся увеличением содержания адреналина в крови
2. Активизация процессов свертывания крови

Половую систему

1. Снижение активности половых клеток
2. Патология развития эмбриона на различных стадиях беременности
3. Преждевременные роды
4. Снижение скорости развития плода.

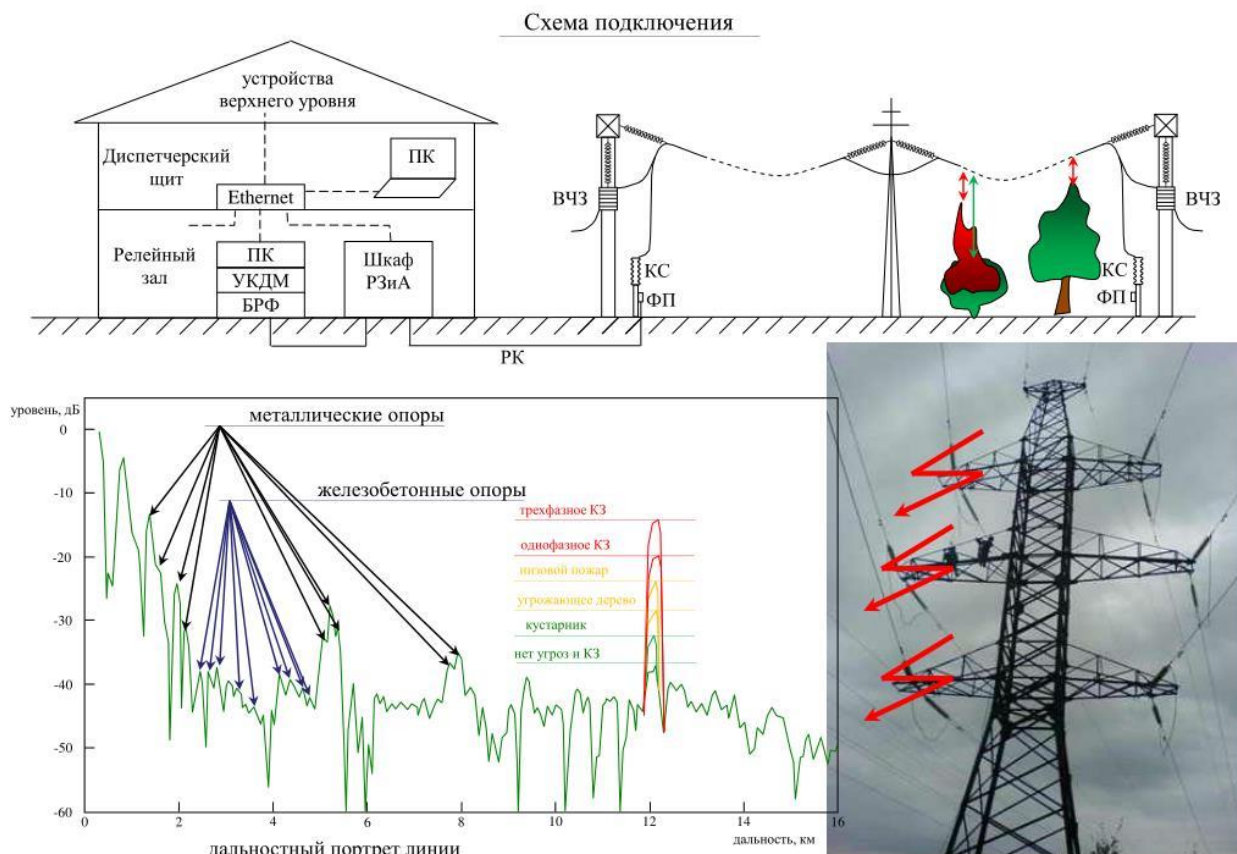
3. Байрашный, Н. В. Разработка измерительного прибора контроля электромагнитных полей воздушных линий электропередач / Н. В. Байрашный, М. И. Вальковская. – Текст : электронный // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тезисы докладов, г. Волгоград, 25-29 апреля 2022 года / Редколлегия: С.В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 13-14. – EDN AKSXQZ // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49232918>.

4. Банкин, С. А. Влияние электромагнитных полей на работу устройств релейной защиты и автоматики / С. А. Банкин, М. Н. Мовенко. – Текст : электронный // Интеллектуальная энергетика - 2022 : сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, г. Барнаул, 22 сентября 2022 года / Ред.-сост. С. О. Хомутов, С. А. Родт, В. И. Сташко. – Барнаул : Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов, 2022. – С. 262-267. – DOI 10.57112/22022-47. – EDN HRQWBA // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50019088>.

Сделана оценка влияния электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц от возможных источников в местах расположения устройств

релейной защиты и автоматики. Описывается электромагнитная обстановка на объектах, использующих устройства релейной защиты и автоматики. Проведен анализ воздействия электромагнитных помех на различные виды защит и автоматики.

Устройство контроля, диагностики, мониторинга воздушной и линейной изоляции ЛЭП



5. Бирюков, Н. С. О проблемах управления электромагнитными полями / Н. С. Бирюков, А. А. Ложков. – Текст : электронный // Современные инновации в науке и технике : сборник научных статей 12-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, г. Курск, 14-15 апреля 2022 года / Отв. редактор М. С. Разумов. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 55-58. – EDN SWIPZH // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48444315>.

Статья посвящена анализу особенностей управления электромагнитными полями.

6. Бителева, А. Особенности транспортного электросмога / А. Бителева. – Текст : электронный // Люди и технологии: центр изучения влияния технологий на жизнь и здоровье человека : [сайт]. – URL: <http://green.obob.tv/osobennosti-transportnogo-yelektrosm/>.

Рассмотрены особенности электросмога, формируемого электротранспортом. Также освещены проблемы со здоровьем у машинистов локомотивов, пригородных поездов, городского наземного транспорта.



7. Блажкова, Е. Н. Разработка и исследование прибора для измерения электромагнитного поля / Е. Н. Блажкова. – Текст : электронный // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 8(134). – С. 13-16. – EDN XAHGSA // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49573850>.

Разработан прибор для измерения электромагнитных полей, позволяющий определять характеристики магнитных полей в различных точках помещений. Особенности разрабатываемого прибора являются

возможность измерения электромагнитного поля по осям x, y и z пространства, компактность, простота и надежность, система контроля температуры, которая позволяет корректировку данных, а также беспроводная передача данных с возможностью объединять до 64 датчиков в одну общую систему. Была спроектирована функциональная схема устройства и проведено моделирование функциональных блоков, а именно фильтра нижних частот.

8. Вахтин, Д. Д. Анализ подходов для оценки электромагнитных полей при расчете электромагнитных систем / Д. Д. Вахтин, И. В. Матвиенко. – Текст : электронный // НАУЧНЫЙ ИМПУЛЬС - 2022 : сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, г. Петрозаводск, 21 ноября 2022 года. – Петрозаводск : Новая Наука, 2022. – С. 59-63. – EDN JHMOPO // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49801058>.

В работе обсуждаются подходы, которые применяются для анализа электромагнитных полей для широкого класса устройств.

Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты

Допускается пребывание персонала без специальных средств защиты в течение всего рабочего дня в электрическом поле напряженностью **до 5 кВ/м**.

В интервале свыше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания определяется по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2$$

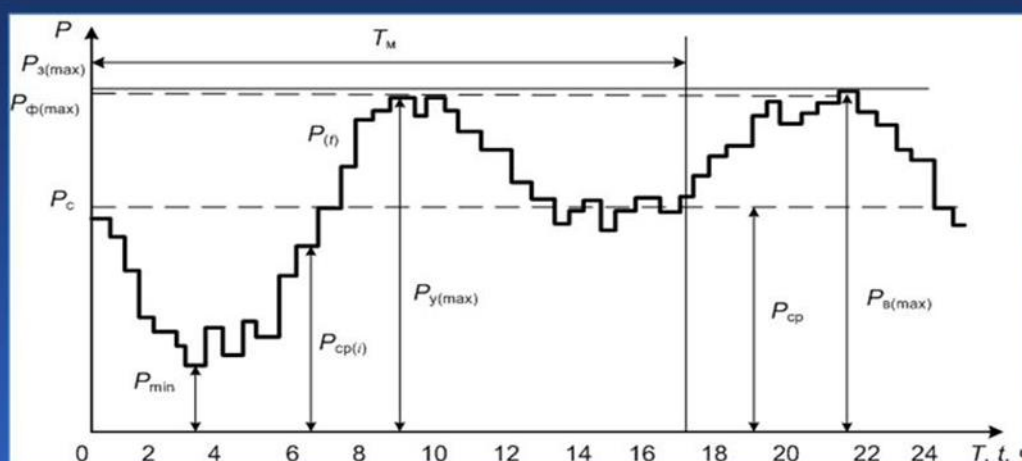
При напряженности поля свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в поле не должно превышать 10 мин.

внутри жилых зданий $E_{пду} = 0,5$ кВ/м,
на территории зоны жилой застройки $E_{пду} = 1$ кВ/м.

9. Веселов, Ф. В. Влияние электрификации в секторе дорожного транспорта на уровень электропотребления и суточный график нагрузки в ЕЭС России / Ф. В. Веселов, А. И. Соляник, Р. О. Аликин. – Текст : электронный // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2023. – № 1. – С. 57-71. – DOI 10.31857/S0002331023010077. – EDN LWJPZS // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50398382>.

В статье выполнена оценка влияния потенциальных масштабов развития электрификации в автотранспортном секторе России (переход на электротранспорт разного типа) на величину совокупного спроса на электроэнергию и мощность в стране. При достаточно скромных целевых параметрах развития электротранспорта до 2030 г., принятых в официальных документах, на более далекую перспективу масштабное замещение нефтепродукта электроэнергией даст существенный эффект снижения выбросов парниковых газов, но потребует и более интенсивного развития генерирующих и сетевых мощностей в электроэнергетике. Сценарный прогноз развития электротранспорта выполнен с выделением трех сегментов – легковой, грузовой и автобусный транспорт, что позволяет учесть характерные для каждого из них характеристики электропотребления.

Суточный $P(t)$ график электрических нагрузок



- $P_{с(i)}$ – одно из получасовых усреднений;
- $P_{ф(мак)}$ – максимальная фактическая получасовая нагрузка за сутки;
- $P_{в(мак)}$ – максимальная нагрузка в вечерние часы прохождения максимума в энергосистеме;
- $P_{у(мак)}$ – максимальная нагрузка в утренний максимум;
- $P_{мин}$ – минимальная нагрузка; $P_{ср}$ – среднесуточная нагрузка;
- $P_{з(мак)}$ – заявленный максимум нагрузки, равный расчетному P_p

Еще одним важным результатом является оценка возможных масштабов влияния электротранспорта на конфигурацию типового суточного графика нагрузки. В работе рассмотрены различные режимы использования зарядной

инфраструктуры электротранспорта, обеспечивающие разный уровень неравномерности внутрисуточного электропотребления. По результатам расчетов показано, что в зависимости от сценария развития электротранспорта, дополнительное годовое электропотребление в стране составит от 168 до 460 млрд кВт ч. При этом в зависимости от режима зарядки электромобилей дополнительная потребность в мощности составит от 26 до 74 млн кВт, а амплитуда колебаний почасовых нагрузок электротранспорта будет варьироваться от двухкратных до четырехкратных значений.

10. Влияние сверхвысокочастотного электромагнитного поля на межслоевую прочность в отвержденных полимерных композиционных материалах / И. В. Злобина, Н. В. Бекренев, А. С. Егоров, Д. И. Кузнецов. – Текст : электронный // Журнал технической физики. – 2023. – Т. 93, № 2. – С. 237-240. – DOI 10.21883/JTF.2023.02.54498.201-22. – EDN UNDKE5 // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50361182>.

Установлено, что воздействие сверхвысокочастотного электромагнитного поля с рациональной для каждого типа композита (угле-, стекло-, органопластик) плотностью потока энергии способствует увеличению удельной работы расслоения соответственно на 18,6, 12 и на 20%, что удовлетворительно коррелирует с увеличением прочности данных материалов при трехточечном изгибе и межслоевом сдвиге.

11. Григорьева, Т. М. Защита человека от электромагнитных полей / Т. М. Григорьева, С. Н. Мардарьев, С. В. Ларкин. – Текст : электронный // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства : материалы IV международной научно-практической конференции, г. Чебоксары, 25 февраля 2022 года. – Чебоксары : Чувашский государственный аграрный университет, 2022. – С. 250-255. – EDN GBFTOF // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49418286>.

Любые электрические устройства и приборы создают вокруг себя электромагнитные поля (ЭМП), невидимые для глаз, негативно влияющие на живые организмы. Учитывая условия воздействия ЭМП на живые организмы, характера и месторасположения источника излучения используют соответствующие принципы защиты: защита временем; защита расстоянием; защита инженерно-техническими устройствами; защита применением индивидуальных средств защиты.

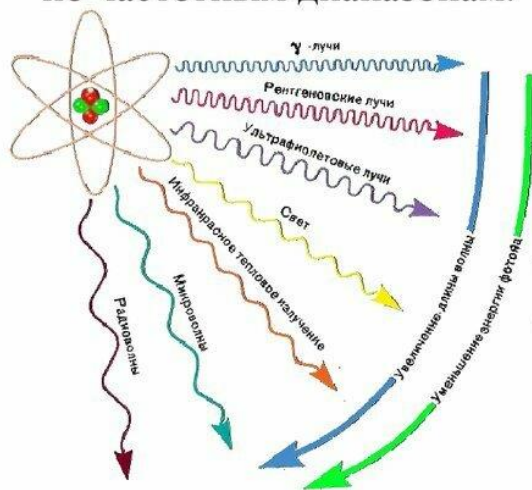
12. Дробязко, А. С. Особенности электрификации железных дорог в России / А. С. Дробязко, И. М. Лукин, С. А. Рыжаков. – Текст : электронный // Молодежная наука : труды XXVI Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск, 22 апреля 2022 года. Т. 1. – Красноярск : Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2022. – С. 82-85. – EDN NDEUGR // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48601083>.

Рассмотрена протяжённость электрифицированных дорог России; выяснено, что электрифицировано около половины от общей протяжённости, а также выявлены основные преимущества переменного тока перед постоянным; предложены пути решения такой насущной проблемы как электрификация железных дорог России.

13. Закирова, А. Р. Исследование электромагнитных полей по энергетическим характеристикам / А. Р. Закирова. – Текст : электронный // Наука и техника транспорта. – 2022. – № 4. – С. 87-91. – EDN AXJUUT // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49947461>.

Электромагнитные волны

Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам:



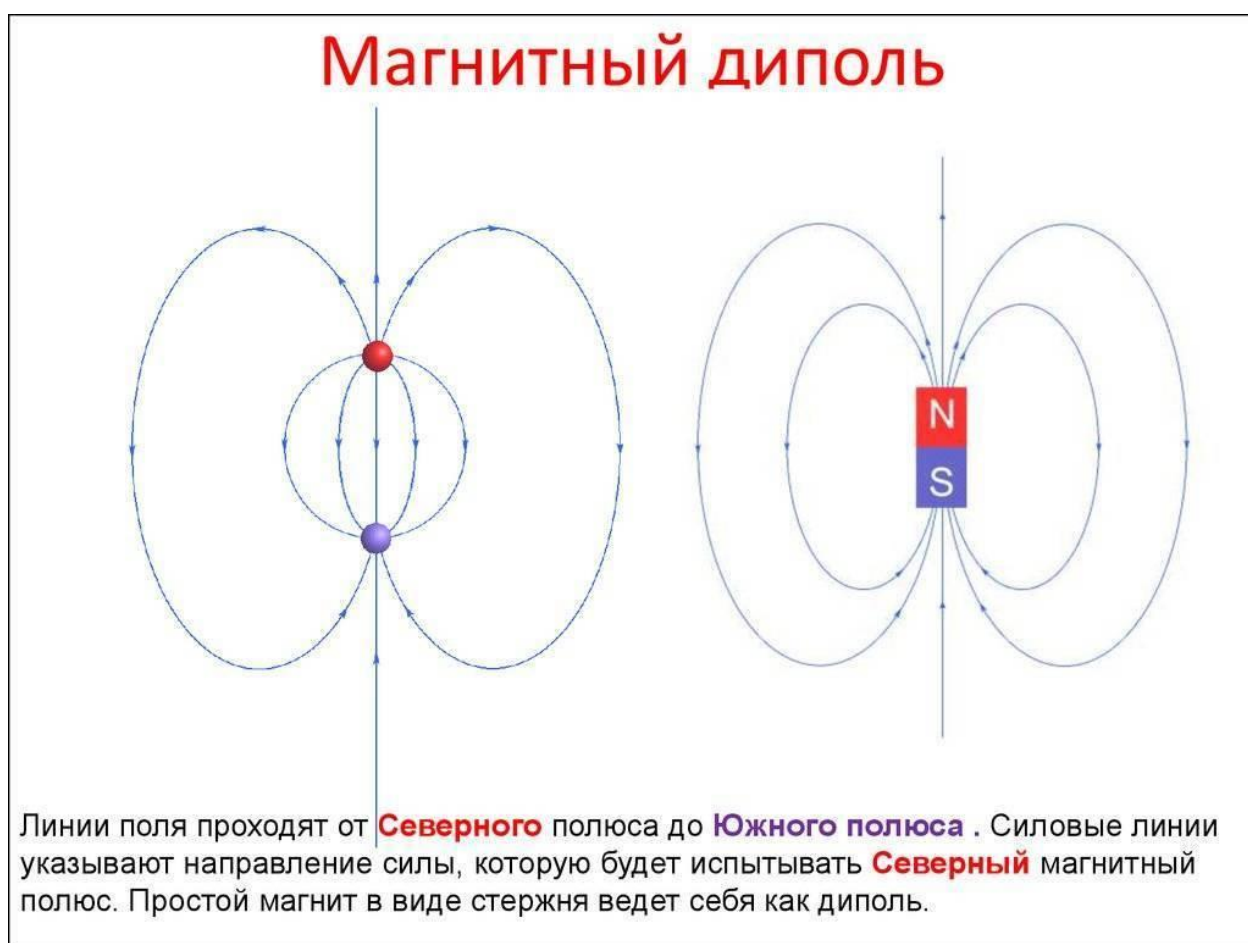
Видимый: 0.38-0.76 мкм

Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту ν , длину волны λ и поляризацию p .
 $\nu = 1/T$, где T – период колебаний;
 $\lambda = cT$ $c = 3 \cdot 10^8$ м/с

| Частота ν , Гц | Длина волны λ , м | Название диапазона | Источники. Основные методы возбуждения |
|---|--|------------------------------|--|
| 10^3 | $3 \cdot 10^8$ | Радиоволны | Переменные токи в проводниках и электронных потоках (генераторы радиочастот, генераторы СВЧ) |
| 10^{12} | $30 \cdot 10^{-4}$ | ИК-излучение Видимый свет | Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях |
| $3,75 \cdot 10^{14}$ $7,5 \cdot 10^{14}$ | $8 \cdot 10^{-7}$ $4 \cdot 10^{-7}$ | | |
| $3 \cdot 10^{17}$ | 10^{-9} | Рентген, γ -излучение | Излучение атомов при воздействиях ускоренных электронов |
| $3 \cdot 10^{20}$ | 10^{-12} | γ -излучение | Атомные процессы при воздействиях ускоренных заряженных частиц |
| 10^{23} | $3 \cdot 10^{-15}$ | | Ядерные процессы, радиоактивный распад, космические процессы |

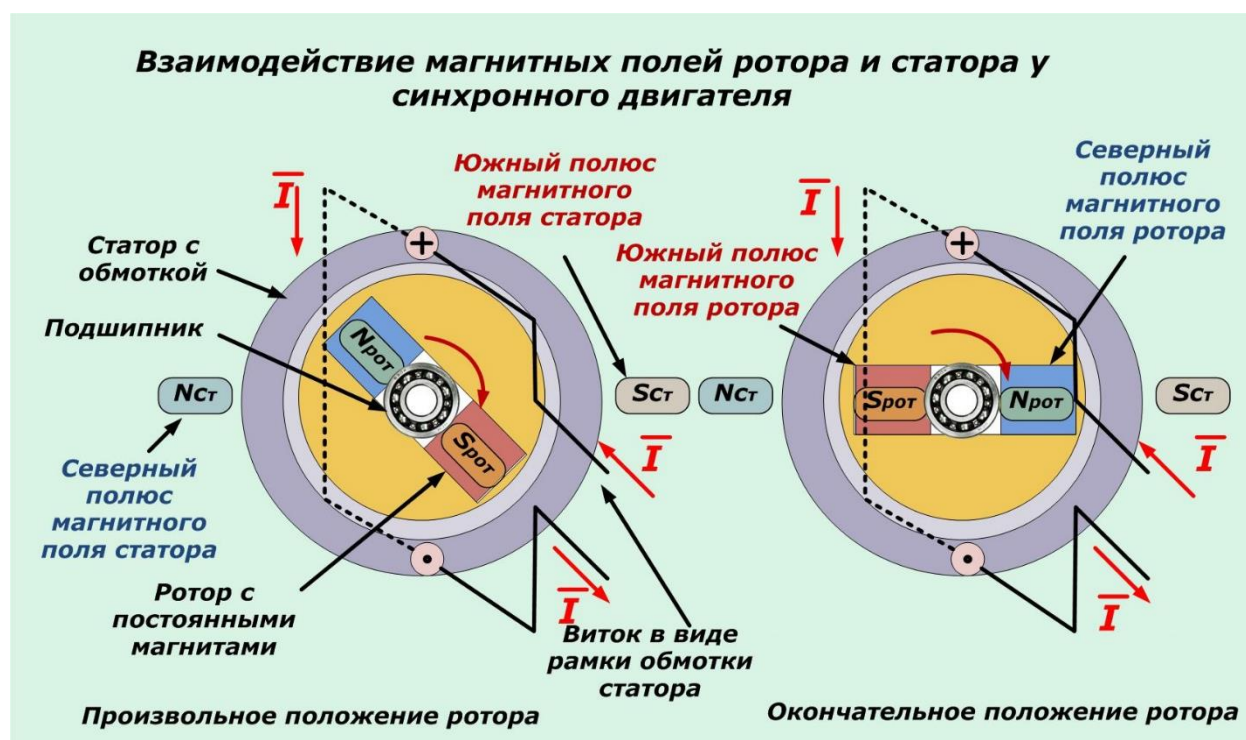
В статье рассмотрены проблемы электромагнитной безопасности персонала, обслуживающего электроподвижной состав. Установлено, что суммарные уровни энергетической нагрузки в кабинах магистрального электроподвижного состава постоянного тока не оказывают вредного воздействия на электротехнический персонал. Обоснована необходимость применения в электроподвижном составе переменного тока средств контроля электрических и магнитных полей постоянного и переменного тока.

14. Комнатный, Д. В. Дипольная модель гармонического электромагнитного поля для анализа электромагнитной обстановки на объектах железнодорожного транспорта / Д. В. Комнатный. – Текст : электронный // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги, г. Гомель, 24-25 ноября 2022 года : в 2-х ч. Ч. 1 / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко. – Гомель : Белорусский государственный университет транспорта, 2022. – С. 222-223. – EDN FNUSNZ // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50106370>.



15. Константинов, В. И. Разработка устройства для измерения внешнего электромагнитного поля электродвигателя / В. И. Константинов, А. С. Никифоров. – Текст : электронный // Научный поиск : материалы четырнадцатой научной конференции аспирантов и докторантов, г. Челябинск, 19-20 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск : ЮУрГУ, 2022. – С. 157-165. – EDN KRJIBX // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50171952>.

Проведены разработка, компьютерное моделирование и экспериментальная проверка работоспособности измерительной цепи датчика для измерения внешнего электромагнитного поля электродвигателя, предназначенного для применения в составе систем диагностики в реальном времени. По результатам моделирования определены частотные характеристики измерительной цепи. Экспериментальная проверка с использованием прототипа разработанного устройства показала возможность его применения для измерения внешнего магнитного поля электродвигателей с целью их диагностики.



16. Корабельникова, А. А. Теоретическое сравнение существующих методов расчета электромагнитных полей / А. А. Корабельникова. – Текст : электронный // Студенческий вестник. – 2022. – № 46-12(238). – С. 24-28. – EDN IXNPIT // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50178131>.

17. Кочетов, О. С. Исследование плотности магнитного потока электромагнитных полей / О. С. Кочетов. – Текст : электронный // Современные проблемы научной деятельности. перспективы внедрения инновационных решений : сборник статей Международной научно-практической конференции, г. Омск, 15 июня 2022 года. – Уфа : Аэтерна, 2022. – С. 74-76. – EDN GRMLHD // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48692563>.

С помощью прибора «Screen Scanner 3» проводился эксперимент в научных лабораториях и студенческой аудитории по измерению плотности магнитного потока при различных условиях.

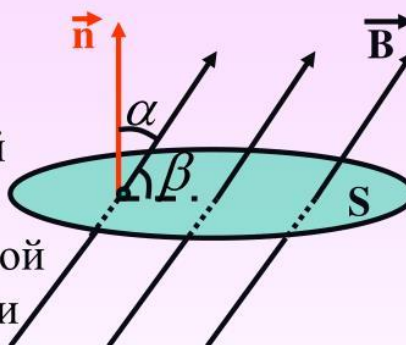
18. Кочетов, О. С. Исследование плотности магнитного потока электромагнитных полей / О. С. Кочетов. – Текст : электронный // Информационное обеспечение научно-технического прогресса: анализ проблем и поиск решений : сборник статей Международной научно-практической конференции, г. Пермь, 25 июня 2022 года. – Уфа : Аэтерна, 2022. – С. 77-79. – EDN LQUCWM // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48750212>.

В настоящее время особенно актуальной является задача защиты от электромагнитных полей.

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

где B – модуль вектора магнитной индукции, S – площадь контура, α – угол между вектором магнитной индукции и нормалью к плоскости контура.



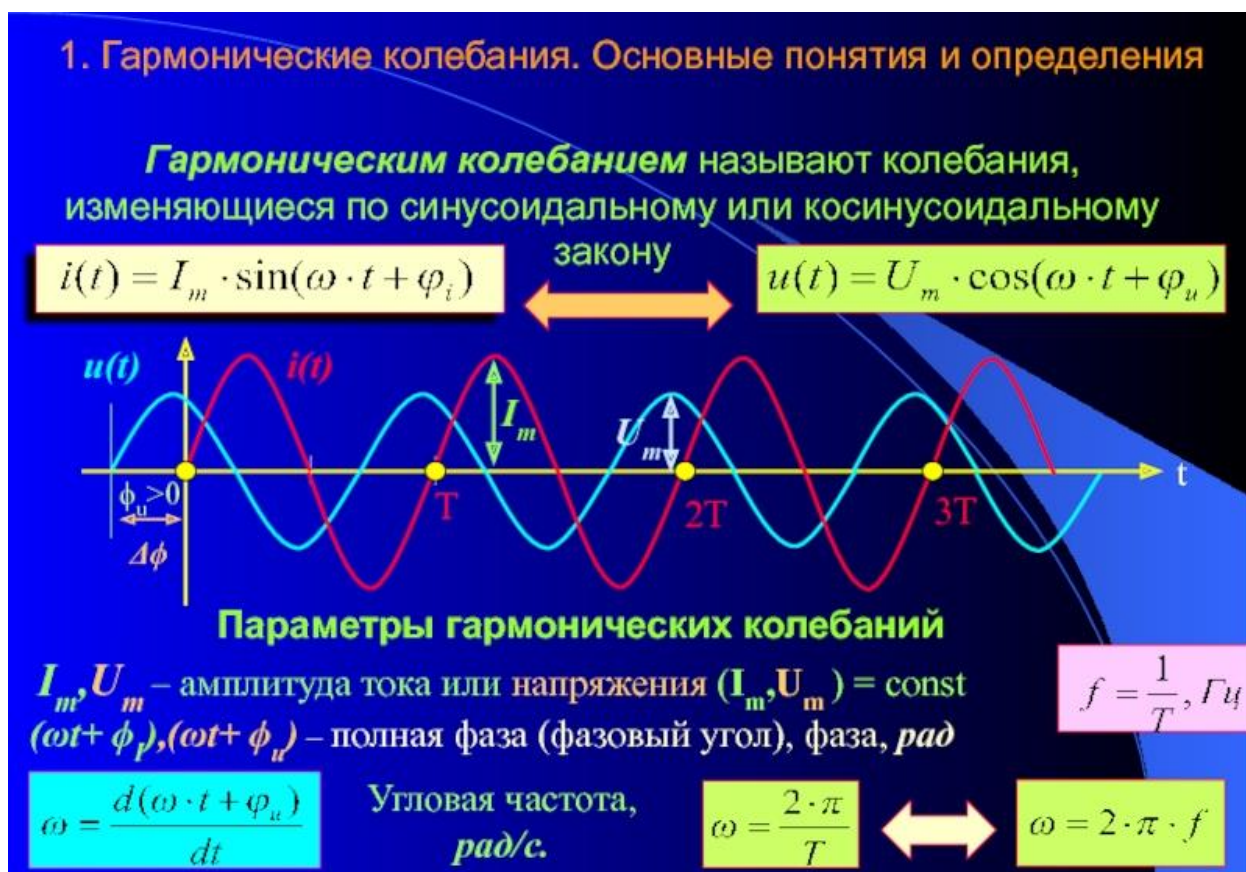
Единица магнитного потока в системе СИ называется **Вебером (Вб)**. $1\text{Вб} = 1\text{Тл} \cdot 1\text{м}^2$
Магнитный поток через поверхность изменяется, если изменяется число магнитных линий, пронизывающих поверхность.

29

19. Краснов, Д. В. Применение сверхпроводников в экранировании электромагнитных полей / Д. В. Краснов, В. П. Легаев. – Текст : электронный // Universum: технические науки. – 2023. – № 1-2(106). – С. 21-23. – EDN HUBTLX // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50286894>.

В статье рассмотрены возможности применения сверхпроводников в качестве отражающих защитных экранов электромагнитных волн, проблемы, возникающие при использовании сверхпроводящих материалов в экранировании электромагнитных полей.

20. Крюков, А. В. Учет гармонических искажений при моделировании электромагнитных полей линий электропередачи, питающих тяговые подстанции / А. В. Крюков, А. В. Черепанов, Д. А. Середкин. – Текст : электронный // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 6. – С. 34-43. – EDN ILQBCX // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49221388>.



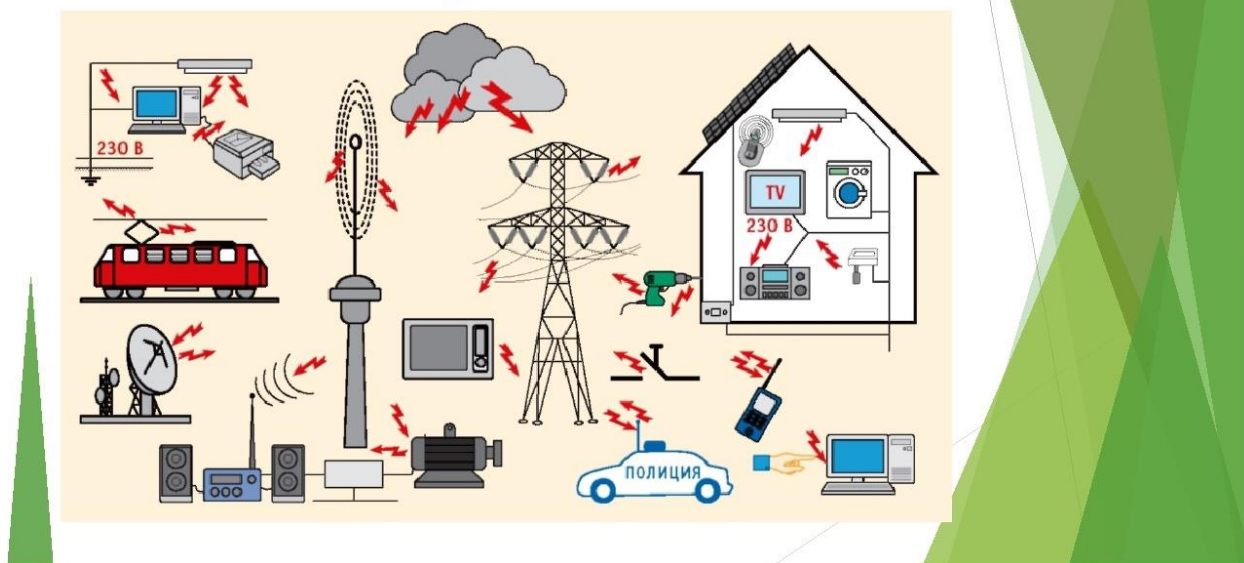
В сетях 110-220 кВ, примыкающих к подстанциям, питающим тяговые сети 25 и 2×25 кВ железных дорог переменного тока, наблюдаются значительные гармонические искажения, в ряде случаев превышающие предельно допустимые величины. Поэтому электромагнитные поля, создаваемые этими линиями, содержат значительную долю высших гармоник. Этот фактор необходимо учитывать при оценке помехоустойчивости

различного оборудования, а также при определении условий электромагнитной безопасности. Высшие гармоники усложняют картину поляризации, и наиболее оптимальный путь моделирования, реализованный в программном комплексе Fazonord, состоит в раздельном анализе полей для разных гармоник с последующей их суперпозицией. В статье представлены результаты исследований, выполненных применительно к сетям 220 кВ, реализованным на основе типовых трехфазных ЛЭП, а также перспективных линий шестифазной конструкции. Полученные результаты подтвердили важность учета гармонических искажений при моделировании ЭМП, создаваемых линиями электропередачи, примыкающими к тяговым подстанциям.

21. Курбатов, В. В. Электромагнитные поля как современные загрязнители атмосферы городской среды / В. В. Курбатов, С. Д. Стрекалов. – Текст : электронный // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы IX Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, г. Волгоград, 18-23 апреля 2022 года. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 153-156. – EDN SSIDTY // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49274547>.

В статье показана проблема загрязненности атмосферного воздуха современного города, основные источники загрязнения городской среды; проанализированы известные сведения дополнительного источника загрязнения - электромагнитное и предложения по возможному снижению воздействия неионизирующих полей на человека.

Загрязнение электромагнитным излучением



22. Максименкова, В. А. Влияние на организм человека электромагнитных полей и неионизирующих излучений и защита от их воздействия / В. А. Максименкова. – Текст : электронный // Перспективы цифровых технологий в технических учебных заведениях : сборник статей V студенческой научно-практической конференции, г. Воронеж, 11-12 ноября 2022 года. – Воронеж : Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. – С. 44-47. – EDN ICLJZC // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49925716>.

Виды воздействия неионизирующих излучений

- *Электромагнитные поля промышленной частоты* – жалобы на головную боль, расстройство сна, функциональные нарушения в цнс, изменение состава крови;
- *Электростатические поля* – механическое травмирование, вследствие рефлекторных реакций на протекающий слабый электрический ток;
- *Магнитные поля* – нарушения цнс, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта. При локальном воздействии синюшность кожных покровов, уплотнения и ороговение кожи;

23. Моделирование электромагнитных полей трехфазной системы тягового электроснабжения / Н. В. Буякова, А. В. Крюков, Д. А. Середкин, И. А. Фесак. – Текст : электронный // Известия Транссиба. – 2022. – № 1(49). – С. 83-94. – EDN ETTYDU // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48416231>.

Цель представленных в статье исследований состояла в разработке компьютерных моделей для определения электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых трехфазными системами тягового электроснабжения (СТЭ) напряжением 25 кВ. В отличие от традиционных однофазных СТЭ трехфазные

системы отличаются электромагнитной сбалансированностью, обеспечивают симметричные нагрузки подстанций, повышение напряжений на токоприемниках подвижного состава, снижение несимметрии и несинусоидальности в питающих сетях 110 - 220 кВ. Однако вопросы количественной оценки условий электромагнитной безопасности в трехфазных тяговых сетях остаются неизученными. Для реализации сформулированной цели использовались методы моделирования режимов и ЭМП, разработанные в Иркутском государственном университете путей сообщения, отличительная особенность которых состоит в применении фазных координат; при этом модели элементов СТЭ формируются на базе решетчатых схем замещения. Моделирование проведено для схем трехфазных СТЭ различной сложности, при этом сложная тяговая сеть была реализована путем модификации модели реальной СТЭ одной из магистральных железных дорог Восточной Сибири. Рассматриваемый участок включал в себя 33 тяговые подстанции и 32 межподстанционные зоны. Осуществлялся пропуск 93 поездов в каждом направлении с интервалом 12 минут, масса поездов нечетного направления составляла 3200 т, четного - 6000 т. Результаты моделирования показали, что по сравнению с типовой СТЭ напряжением 25 кВ в трехфазной системе максимум напряженности электрического поля увеличивается на 2,5%. Максимальное значение напряженности магнитного поля снижается на 26%. Аналогичные показатели для средних значений составляют 2,6 и 19%. Разработанные цифровые модели позволили получить новые научные результаты, характеризующие пространственную структуру электромагнитных полей и условия электромагнитной безопасности в перспективных тяговых сетях трехфазной конструкции. Предложенная методика и разработанные компьютерные модели могут использоваться при проектировании перспективных СТЭ трехфазной конструкции. В условиях цифровизации транспортной электроэнергетики применение этой методики позволит научно обоснованно подходить к анализу условий электромагнитной безопасности в тяговых сетях и разрабатывать мероприятия по ее улучшению.

24. Мырадова, С. И. Воздействие электромагнитного поля на здоровье человека / С. И. Мырадова, Ы. А. Аннаев. – Текст : электронный // Modern research and technology - 2023 : сборник трудов конференции, г. Петрозаводск, 28 марта 2023 года. – Петрозаводск : Новая Наука, 2023. – С. 38-42. – EDN НТХJWB // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50438593>.

В статье было изучено соотношение напряженности и времени пребывания под воздействием электромагнитного поля (ЭП). Рассматривается воздействие электромагнитного поля на здоровье человека и выявляется необходимость соблюдения правила безопасности.

25. Никитин, А. М. Влияние электромагнитного поля на человека / А. М. Никитин. – Текст : электронный // Современные тенденции развития аграрной науки : сборник научных трудов международной научно-практической конференции, г. Брянск, 01-02 декабря 2022 года. Ч. 2 / Брянский государственный аграрный университет. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 712-717. – EDN OFLROL // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49938351>.

В статье дается характеристик электромагнитного поля (ЭМП). Рассмотрены особенности ЭМП и основные источники. Представлены методы уменьшения электромагнитных полей от линии электропередач.

Воздействие ЭМП на человека

3. Отрицательное – при постоянном контакте и нахождении в зоне ЭМП наблюдаются:
- судороги мышц,
 - фибриляция сердца,
 - повышение плотности тока в организме,
 - повышение температуры в органах,
 - нарушение эндокринной, иммунной и воспроизводительной систем,
 - развитие рака,
 - деградация нервных клеток,
 - функциональные изменения в состоянии центральной нервной сердечно-сосудистой и иммунной систем.

26. Пантелеева, О. В. Воздействие электромагнитных полей на человека / О. В. Пантелеева, Е. А. Яковенко. – Текст : электронный // Современные проблемы экологии и промышленной безопасности : сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, г. Новочеркасск, 03-04 июня 2022 года. – Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2022. – С. 107-108. – EDN DBXNHC // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48665104>.

Рассмотрены негативные факторы электромагнитных воздействий на рабочем месте. Сочетание внешних и собственных полей человека происходит в нелинейном режиме. Протекающие электромагнитные процессы имеют взаимную тенденцию к модуляции, которая в режиме обратной связи обеспечивает сложную реакцию живого организма на внешнее электромагнитное воздействие.

27. Пахомов, Н. А. Влияние электромагнитного и электростатического полей на организм человека / Н. А. Пахомов, Д. В. Холошина. – Текст : электронный // Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики : сборник статей Международной научно-практической конференции, г. Пенза, 25 января 2022 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2022. – С. 51-53. – EDN CNTTOF // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47743057>.

Рассмотрены виды электромагнитного излучения, способы влияния электромагнитных волн на человека и меры по уменьшению их вреда для человека.

28. Петрова, Д. А. Влияние электромагнитного поля на железнодорожном транспорте как экологическая проблема / Д. А. Петрова, Е. Д. Болотина. – Текст : электронный // Железная дорога: путь в будущее : сборник материалов I Международной научной конференции аспирантов и молодых ученых, г. Москва, 28-29 апреля 2022 года. – Москва : Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, 2022. – С. 166-170. – EDN VRTINQ // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48728099>.

С развитием транспорта, ростом числа городов усиливается техногенное воздействие человека на окружающую природную среду, что приводит к возникновению серьёзных экологических проблем. Одной из таких проблем можно считать электромагнитное загрязнение городов. В работе дано описание источников электромагнитного загрязнения и их основных характеристик. Показано, как воздействие этих источников влияет на здоровье людей, в частности работников железной дороги.



29. Раскопин, К. А. Исследование структуры электромагнитного поля, создаваемого излучателями в диссипативной среде / К. А. Раскопин, О. В. Потапова. – Текст : электронный // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2022 : материалы IX Молодежной международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Казань, 28-30 апреля 2022 года. – Казань : ИП Сагиева А.Р., 2022. – С. 135-136. – EDN OTMEKQ // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49875214>.

В статье обсуждается сравнение распределений составляющих электромагнитного поля вблизи излучателей электрического и магнитного типов. Распределения рассчитывались по стандартным аналитическим выражениям и с помощью электродинамического моделирования.

30. Соловской, А. С. Анализ современных способов контроля энергетических параметров электромагнитного поля / А. С. Соловской. – Текст : электронный // Мавлютовские чтения : материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции, г. Уфа, 25-27 октября 2022 года : в 6-ти т. Т. 4. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 237-242. – EDN AUDWIA // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50073349>.



Возникающее глобальное электромагнитное загрязнение связано, прежде всего, с интенсивным ростом использования электромагнитной энергии в различных сферах жизнедеятельности человека, включая производственные и коммунально-бытовые объекты. В связи с этим, проведен анализ современных устройств для измерения энергетических параметров

электромагнитного поля. Представлены основные характеристики, а также принцип действия рассмотренных измерительных устройств.

31. Соловской, А. С. Современное состояние отечественных и зарубежных методологических подходов к регламентированию электромагнитных полей / А. С. Соловской, Е. В. Титов. – Текст : электронный // Научно-практические аспекты развития АПК : материалы национальной научной конференции, г. Красноярск, 18 ноября 2022 года. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 361-363. – EDN AAKBXF // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50353745>.

В статье представлены данные о состоянии методологических подходов к регламентированию электромагнитных полей в Российской Федерации и за рубежом.

32. Тимофеев, Е. П. Устройство для калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля / Е. П. Тимофеев. – Текст : электронный // Актуальные вопросы развития современной науки и технологий : сборник статей II Международной научно-практической конференции, г. Петрозаводск, 16 марта 2023 года. – Петрозаводск : Новая Наука, 2023. – С. 78-84. – EDN SZOPHO // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50383520>.

Рассмотрены источники однородного электромагнитного поля (ИО ЭМП) с целью воспроизведения максимально однородного поля в рабочей зоне, в широкой полосе частот. Предложена и разработана конструкция устройства для калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля, обеспечивающая избирательное подавление волн высших типов. Представлены технические решения, позволяющие значительно расширить частотный диапазон одноволнового режима работы ИО ЭМП. Получены новые конструкции устройства для калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля, имеющие существенно превосходящие характеристики аналогичных полеобразующих структур и позволяющие проводить калибровку электрически малых дипольных и рамочных антенн.

33. Титов, Е. В. Совершенствование измерителя электромагнитного поля в частотном диапазоне 30 МГц - 30 ГГц / Е. В. Титов, П. В. Иванов, В. И. Мозоль. – Текст : электронный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7(213). – С. 102-107. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-102-107. – EDN JNIWUS // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49244185>.

Энергия электромагнитного поля очень высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот в последнее время нашла широкое применение практически во всех сферах человеческой деятельности. Подтверждена необходимость контроля электромагнитного поля в частотном диапазоне 30 МГц - 30 ГГц и обоснована целесообразность детального анализа технических

ограничений известных измерителей в этом диапазоне. Рассмотрена техническая проблема избирательного контроля электромагнитных излучений на отдельных частотах в широком диапазоне 30 МГц - 30 ГГц с выводом результатов измерения на портативный персональный компьютер. По результатам патентного поиска измерительных инструментов выявлены технические ограничения известных устройств контроля высокочастотных составляющих электромагнитного поля: недостаточная проработанность конечного устройства вывода/индикации, отсутствие промежуточных фильтров в измерительных и питающих цепях, использование термопреобразователей электромагнитной энергии в качестве детектирующего элемента, отсутствие активных усилительных элементов, цепей выделения промежуточной частоты в исследуемом сигнале, микропроцессорного вычислительного блока, экранирования корпуса.

Защита от действия ЭМП

- Экранирование (активное и пассивное; источника электромагнитного излучения или же объекта защиты; комплексное экранирование).
- Удаление источников из ближней зоны; из рабочей зоны.
- Конструктивное совершенствование оборудования с целью снижения используемых уровней ЭМП, общей потребляемой и излучаемой мощности оборудования.
- Ограничение времени пребывания операторов или населения в зоне действия ЭМП.



Предложены технические решения по устранению выявленных ограничений посредством объединения в разработанном и защищенном патентом селективном измерительном инструменте широкополосной антенны, высокочастотного разъема и размещенных в экранирующем корпусе электромеханического блока коммутации, микроконтроллера, преобразователя частоты, аттенюатора, усилителя, генератора опорной

частоты, логарифмического детектора, полосового фильтра, аналого-цифрового преобразователя, источника опорного напряжения, жидкокристаллического дисплея, СОМ-порта микроконтроллера и блока питания. Приведено описание разработанного устройства для контроля электромагнитного поля, учитывающего предлагаемые технические решения. Обоснована возможность избирательного контроля электромагнитных излучений на отдельных частотах. Представлены схема объединения элементов разработанного устройства и результаты моделирования входного спектра электромагнитного сигнала частотой 433 МГц и выходного спектра частотой 19 МГц, подтверждающие возможность избирательного контроля в заявленном частотном диапазоне и вывода результатов исследования на компьютер для обработки по универсальному алгоритму и представления в формализованной структуре.

34. Трусова, Т. Н. От строительства первых линий до начала электрификации на Санкт-Петербургском железнодорожном узле / Т. Н. Трусова. – Текст : электронный // Россия и мир в исторической ретроспективе : материалы XXIX международной научной конференции, к 320-летию основания Санкт-Петербурга, г. Санкт-Петербург, 07 апреля 2023 года. Том 1. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С. 457-463. – EDN MQOOIL // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50515653>.

В статье показаны этапы строительства первых железных дорог Российской империи. Рассмотрен ход возведения железных дорог Петербург - Царское Село и Николаевской дороги. Отмечена роль в железнодорожном строительстве барона фон Штиглица. Оценен вклад выпускников Института Корпуса инженеров путей сообщения в строительство железнодорожных магистралей. Рассмотрены проблемы эксплуатации первой в России электрифицированной железнодорожной линии Петербурга. Показаны первые шаги электрификации Санкт-петербургского железнодорожного узла.

35. Учет гармонических искажений при моделировании электромагнитных полей, создаваемых линиями электропередачи, питающими тяговые подстанции железных дорог / Н. В. Буякова, В. П. Закарюкин, А. В. Крюков, Д. А. Середкин. – Текст : электронный // Электричество. – 2022. – № 5. – С. 28-38. – DOI 10.24160/0013-5380-2022-5-28-38. – EDN RXGASM // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48374528>.

При формировании интеллектуальных электрических сетей особое внимание уделяется вопросам безопасности функционирования объектов электроэнергетики и снижению их негативного воздействия на персонал и окружающую среду. На таких объектах могут наблюдаться значительные уровни напряженности электромагнитных полей. Для обеспечения

электромагнитной безопасности в современных условиях, характеризующихся масштабным внедрением средств цифровизации, необходима разработка алгоритмов цифрового моделирования электромагнитного поля. Адекватные модели электромагнитного поля, создаваемого линиями электропередачи, могут быть получены на основе методов определения режимов электроэнергетических систем в фазных координатах. На базе таких моделей разработана методика анализа электромагнитной безопасности, отличающаяся от известных подходов системностью, универсальностью, адекватностью внешней среде и комплексностью. Методика позволяет определять напряженность электромагнитных полей, создаваемых многопроводными линиями электропередачи с учетом высших гармонических составляющих токов и напряжений. В условиях цифровизации электроэнергетики применение предложенной методики на практике позволит научно обоснованно подходить к анализу условий электромагнитной безопасности в электроэнергетических системах и разрабатывать мероприятия по ее улучшению.



36. Халиков, А. А. Особенности дефектоскопии изделий рельсовых плетей электромагнитными полями / А. А. Халиков, М. С.

Ортиков. – Текст : электронный // StudNet. – 2022. – Т. 5, № 6. – С. 80. – EDN YORTEY // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49131621>.

В статье рассматриваются особенности дефектоскопия изделий рельсовых плетей при различных электромагнитных полях и типы обнаружения дефектов. На основании анализов рельсовых плетей определены причины их дефектов постоянными магнитами, переменными и импульсными электромагнитными полями.

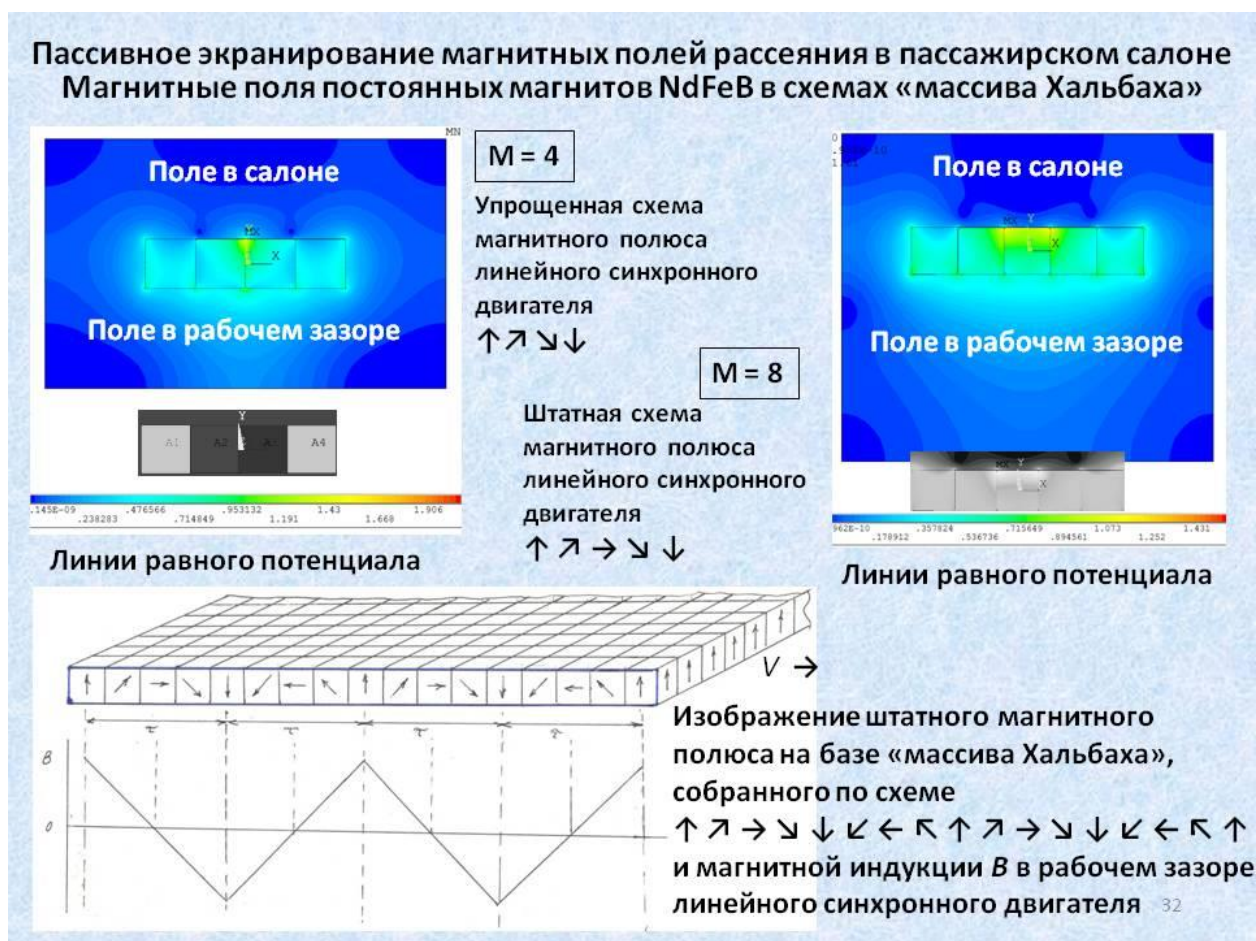
37. Широков, М. В. Современные методы исследования электромагнитных полей урбанизированных территорий / М. В. Широков. – Текст : электронный // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2021) : Всероссийская научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конференции, г. Санкт-Петербург, 30 ноября - 02 декабря 2021 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2022. – С. 552-556. – EDN NMTLZR // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48249048>.

В соответствии с действующим санитарным и экологическим законодательством, хозяйствующий субъект эксплуатирующий или планирующий эксплуатировать источник физического воздействия, в частности электромагнитного поля промышленной частоты, обязан проводить санитарно-противоэпидемические мероприятия, такие как установление санитарно-защитных зон и проведение производственного контроля путем лабораторных исследований с учетом требований методики измерений, однако методика измерений не учитывает влияние параметров атмосферного воздуха, что может приводить к искажению результатов лабораторных измерений.

38. Шульга, Р. Н. Электромагнитные поля и их экранирование / Р. Н. Шульга. – Текст : электронный // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 12. – С. 29-40. – EDN RZEUH // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50009784>.

Рассмотрены типы ЭМП природного и искусственного характера. Природные ЭМП имеют сплошной спектр, и их верхняя граница имеет характер ионизирующего излучения, который блокируется внешним магнитным полем (МП) Земли и атмосферой. Анализируется влияние ЭМП искусственных источников на здоровье человека, которые не превышают гигиенических пределов по напряженности электрического поля (ЭП) уровня 5-10 кВ/м и по индукции МП 100-500 мкТл. В случаях превышения указанных норм требуется экранирование ЭМП с помощью медных, ферромагнитных или сверхпроводящих экранов, причем последние обладают наивысшим коэффициентом экранирования, так же как и слоистые пленочные экраны. На

примере новых магнитои диэлектриков показаны возможности повышения энергоэффективности и снижения массогабаритных показателей электрических машин.



39. Юдин, П. В. Влияние антропогенных электромагнитных полей на человека / П. В. Юдин, В. Н. Шевченко. – Текст : электронный // Тинчуринские чтения - 2022 «Энергетика и цифровая трансформация» : сборник статей по материалам конференции, г. Казань, 27-29 апреля 2022 года : в 3-х т. Т. 1 / Под общей редакцией Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань : Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 532-535. – EDN WSQAQC // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49172877>.

В статье были изучены основные источники электромагнитных полей, создающие влияния, как на окружающую среду, так и на человека. В дополнении был выполнен обзор публикаций, указывающих на опасность и безопасность электромагнитных полей для человека.

40. Ян, Ю. Моделирование электромагнитных полей трехфазной системы тягового электроснабжения / Ю. Ян. – Текст : электронный // Столыпинский вестник. – 2022. – Т. 4, № 5. – EDN WRKGOG // НЭБ eLIBRARY. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49492261>.

Цель представленных в статье исследований состояла в разработке компьютерных моделей для определения электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых трехфазными системами тягового электроснабжения (СТЭ) напряжением 25 кВ. В отличие от традиционных однофазных СТЭ трехфазные системы отличаются электромагнитной сбалансированностью, обеспечивают симметричные нагрузки подстанций, повышение напряжений на токоприемниках подвижного состава, снижение несимметрии и несинусоидальности в питающих сетях 110 - 220 кВ. Однако вопросы количественной оценки условий электромагнитной безопасности в трехфазных тяговых сетях остаются неизученными. Для реализации сформулированной цели использовались методы моделирования режимов и ЭМП, разработанные в Иркутском государственном университете путей сообщения, отличительная особенность которых состоит в применении фазных координат; при этом модели элементов СТЭ формируются на базе решетчатых схем замещения. Моделирование проведено для схем трехфазных СТЭ различной сложности, при этом сложная тяговая сеть была реализована путем модификации модели реальной СТЭ одной из магистральных железных дорог Восточной Сибири. Рассматриваемый участок включал в себя 33 тяговые подстанции и 32 межподстанционные зоны. Осуществлялся пропуск 93 поездов в каждом направлении с интервалом 12 минут, масса поездов нечетного направления составляла 3200 т, четного - 6000 т. Результаты моделирования показали, что по сравнению с типовой СТЭ напряжением 25 кВ в трехфазной системе максимум напряженности электрического поля увеличивается на 2,5%. Максимальное значение напряженности магнитного поля снижается на 26%. Аналогичные показатели для средних значений составляют 2,6 и 19%. Разработанные цифровые модели позволили получить новые научные результаты, характеризующие пространственную структуру электромагнитных полей и условия электромагнитной безопасности в перспективных тяговых сетях трехфазной конструкции. Предложенная методика и разработанные компьютерные модели могут использоваться при проектировании перспективных СТЭ трехфазной конструкции. В условиях цифровизации транспортной электроэнергетики применение этой методики позволит научно обоснованно подходить к анализу условий электромагнитной безопасности в тяговых сетях и разрабатывать мероприятия по ее улучшению.