

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ  
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»  
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

**УДК 656:620.9**

**ББК 65.37+65.305.1**

**A43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

**A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения:** XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

**ISBN 978-601-385-216-4**

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

**ISBN 978-601-385-216-4**

**УДК 656:620.9**  
**ББК 65.37+65.305.1**

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 5 «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ»**

<b>Азмуханбетов Б.Т.</b> ТҰРАҚТЫ ТОК ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ПИД-РЕТТЕГІШТЕРДІ ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ ФАЗЗИ-ЛОГИКА АРҚЫЛЫ ОҒТАЙЛАНДЫРУ	565
<b>Айсанов А.Б.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	569
<b>Ашимов Д.Е.</b> МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	575
<b>Әлімқазы Ш., Нұржанова А.Б.</b> ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.	579
<b>Багиров И.Я.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ К РАСЧЕТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	584
<b>Гайнуллина Д.А.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-НАПРЯЖЕНИЯ	590
<b>Ғизат М.Н.</b> АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ОРТАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНЕ ҚОСЫЛМАЙТЫН ТІК ЖЕЛІ ТУРБИНАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕРГІЛІКТІ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІ ЗАРЯДТАУ СТАНЦИЯСЫН ЖОБАЛАУ	593
<b>Зуев Д.Н.</b> МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	596
<b>Қайратов А.К.</b> ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–35 кВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНО КОРРЕКТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	601
<b>Қостанаев Ә.Д.</b> 0,4 КВ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ КОМПЕНСАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	605
<b>Ниязов Б.Ш.</b> СОЦИАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЕРЕХОДА К ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В КАЗАХСТАНЕ	609
<b>Сағиев Т.А.</b> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ SSB	614
<b>Сейткалиева М.С.</b> АУЫСПАЛЫ ЖІЛІКТІ ЖАҒАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ БІРІКТІРУ	619
<b>Социал Б.Қ.</b> ЖОҒАРЫ ТОК ГАРМОНИКАСЫН БАСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ	622
<b>Уаханова К.Б.</b> ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КҮН-ЖЕЛІ ГИБРИДТІ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ	628

3. Бессонов Л.А., Бессонов В.Л. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. – Изд. 12-е, испр. и доп. – М.: Юрайт, 2016. – 701 с.
4. Rabinowich S. Measurement errors and uncertainties: theory and practice. – NY.: Springer Science & Business Media, 2005. Page 245.

УДК 797.044

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Ашимов Дамир Ерланұлы

[2selani2@gmail.com](mailto:2selani2@gmail.com)

Магистрант кафедры «Электроэнергетика»

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель: Карджаубаев Н.А.

*Аннотация.* В работе рассматриваются особенности анализа результатов диагностики частичных разрядов в кабельных линиях распределительных сетей. Показано, что интерпретация данных фазо-резольвированных диаграмм частичных разрядов (PRPD) в различных странах основывается на различных аналитических критериях, обусловленных климатическими и эксплуатационными условиями. В качестве количественных параметров анализа предложено использование индекса фазовой согласованности распределения импульсов и индекса концентрации источников частичных разрядов.

На основе сравнительного анализа практик диагностики, применяемых в США, Республике Корея и Китае, показано, что использование фиксированных пороговых значений этих индексов не всегда корректно для условий Республики Казахстан. Резко континентальный климат, значительные температурные колебания и сезонные механические воздействия на кабельные линии приводят к изменению характера распределения импульсов частичных разрядов. Предложен подход к интерпретации результатов диагностики, учитывающий региональные эксплуатационные особенности.

*Ключевые слова:* частичные разряды, кабельные линии, диагностика изоляции, PRPD-анализ, распределительные электрические сети, фазовая согласованность импульсов, индекс концентрации источников, климатические факторы эксплуатации

Введение. Надежность электрических сетей во многом определяется состоянием изоляции высоковольтного оборудования. Одной из наиболее распространенных причин отказов кабельных линий является деградация изоляции, связанная со старением материалов, механическими воздействиями и нарушениями условий эксплуатации. На ранних стадиях развития дефектов в изоляции возникают частичные разряды, представляющие собой локальные электрические пробои в ограниченных областях диэлектрика.

Диагностика частичных разрядов широко применяется для оценки технического состояния кабельных линий и позволяет выявлять дефекты до возникновения аварийных повреждений. Современные системы измерения позволяют регистрировать большое количество импульсов частичных разрядов и формировать фазо-резольвированные диаграммы распределения импульсов (PRPD) [1]. Однако сами по себе результаты измерений требуют дальнейшего анализа и интерпретации.

Практика диагностики показывает, что методы анализа результатов частичных разрядов существенно различаются в зависимости от особенностей электрических сетей и климатических условий эксплуатации [2]. В странах с влажным морским климатом, таких как Республика Корея, разрядная активность имеет более устойчивую фазовую структуру. В условиях развитой кабельной инфраструктуры США большое внимание уделяется

локализации источников частичных разрядов. В промышленно развитых регионах Китая важной задачей является отделение реальных разрядов от промышленных помех.

В то же время условия эксплуатации кабельных линий в Республике Казахстан существенно отличаются от вышеуказанных регионов. Резко континентальный климат, значительные сезонные перепады температуры и циклы замерзания и оттаивания грунта приводят к специфическим режимам деградации кабельной изоляции. Это требует адаптации методов анализа результатов диагностики частичных разрядов с учетом региональных особенностей эксплуатации.

Важным этапом интерпретации результатов диагностики частичных разрядов является анализ распределения импульсов по фазе напряжения. Одним из распространённых подходов является оценка фазовой согласованности импульсов, позволяющая отличить реальные частичные разряды от промышленных помех. Для количественной оценки фазовой структуры используется индекс фазовой согласованности, основанный на энтропийной характеристике распределения импульсов [3]. На рисунке 1 представлен пример схемы PRPD.

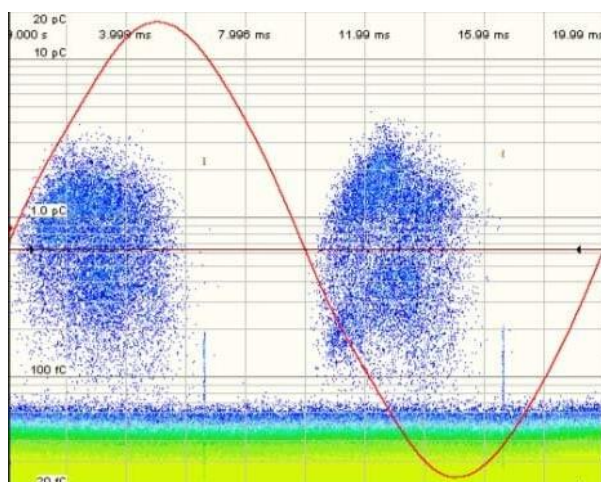


Рисунок 1 - PRPD схема

Фаза напряжения разбивается на ( $M$ ) интервалов, после чего определяется число импульсов ( $n_k$ ), зарегистрированных в каждом интервале. Пусть общее число импульсов равно ( $N$ ), тогда относительная доля импульсов определяется как:

$$p_k = \frac{n_k}{N}$$

Энтропия распределения вычисляется по выражению [4]:

$$H = - \sum_{k=1}^M p_k \ln p_k$$

Нормированный индекс фазовой согласованности определяется как:

$$K_\phi = 1 - \frac{H}{\ln M}$$

Значение  $K_\phi$  изменяется в диапазоне от 0 до 1. При высокой концентрации импульсов в определённых фазовых интервалах показатель стремится к единице, что характерно для реальных источников частичных разрядов. В случае случайного распределения импульсов по фазе индекс приближается к нулю, что обычно свидетельствует о внешних электромагнитных помехах.

Практика диагностики в США и Республике Корея показывает, что для подтверждения реального источника разрядной активности часто используется пороговое значение  $K_{\phi} \approx 0,5$ . При значениях выше данного уровня сигнал рассматривается как достоверный источник частичных разрядов. Такой подход хорошо работает в условиях стабильной разрядной активности, характерной для влажных климатических зон и развитых подземных сетей. Например, при диагностике кабельной линии распределительной сети в прибрежных районах США значительная часть импульсов сосредоточена в узких фазовых окнах, связанных с процессами ионизации в дефектных областях изоляции. Если фазовое пространство разделить на 36 интервалов по  $10^\circ$ , то при реальном дефекте большая часть импульсов регистрируется в нескольких соседних интервалах. В результате индекс фазовой согласованности может достигать значений порядка  $K_{\phi} = 0,55-0,60$ , что позволяет уверенно классифицировать источник как реальный частичный разряд [5]. Аналогичная ситуация наблюдается в Республике Корея. Высокая влажность и морской климат приводят к развитию устойчивых дефектов в кабельных аксессуарах, прежде всего в соединительных муфтах. Такие дефекты характеризуются стабильной фазовой структурой импульсов, что также приводит к высоким значениям  $K_{\phi}$ . Поэтому использование фиксированного порога фазовой согласованности для фильтрации помех оказывается достаточно эффективным.

Однако перенос данного подхода на условия Республики Казахстан не всегда является корректным. Электрические сети Казахстана эксплуатируются в условиях резко континентального климата, характеризующегося значительными сезонными перепадами температуры и циклами замерзания и оттаивания грунта. Эти процессы приводят к периодическим механическим напряжениям в кабельной изоляции и аксессуарах. В результате активность частичных разрядов может носить нестабильный характер и проявляться неравномерно в течение периода измерений.

Например, при диагностике кабельной линии 10 кВ в условиях зимней эксплуатации в Астане часть импульсов может возникать в различных фазовых интервалах из-за нестабильности разрядного процесса и изменения электрических свойств изоляции при низких температурах. В этом случае распределение импульсов по фазе становится более равномерным, энтропия увеличивается, а значение  $K_{\phi}$  может снижаться до уровня 0,25–0,35. Если применять порог, используемый в зарубежной практике, такой источник может быть ошибочно интерпретирован как индустриальная помеха, хотя фактически он связан с развивающимся дефектом изоляции. Дополнительным параметром анализа может служить индекс концентрации источника частичных разрядов, позволяющий определить количество доминирующих источников разрядной активности [6]. Для расчета данного показателя фазовый диапазон делится на несколько крупных областей, например на четыре сектора по  $90^\circ$ . Для каждого сектора определяется доля импульсов  $p_j$ , после чего рассчитывается индекс концентрации:

$$K_{src} = \sum_{j=1}^4 p_j^2$$

Высокие значения данного показателя свидетельствуют о том, что основная часть импульсов сосредоточена в одном секторе фазового пространства, что характерно для одного доминирующего источника частичных разрядов, например дефекта в одной муфте. Низкие значения индекса указывают на наличие нескольких источников разрядной активности либо на значительное влияние внешних помех.

В странах с развитой подземной кабельной инфраструктурой, таких как США и Республика Корея, данный показатель часто используется для подтверждения локальности дефекта. Например, если значение  $K_{src}$  превышает 0,6, можно предположить наличие одного доминирующего источника частичных разрядов и выполнить локализацию дефекта в конкретной муфте.

В условиях Казахстана ситуация может отличаться. Из-за значительных температурных деформаций кабельных трасс и неоднородности грунтов возможны случаи, когда разрядная активность возникает одновременно в нескольких элементах кабельной системы. Например, в зимний период при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  могут одновременно проявляться дефекты в соединительной муфте и в области экрана кабеля, поврежденного коррозией. В этом случае импульсы распределяются между несколькими фазовыми секторами, и индекс концентрации источника может снижаться до значений  $K_{src}=0,35\div 0,45$ . Следовательно, использование пороговых значений индексов  $K_{\phi}$  и  $K_{src}$ , разработанных на основе практики диагностики в странах с иными климатическими условиями, может приводить к ошибочным выводам при анализе результатов диагностики кабельных линий в Республике Казахстан. Для повышения достоверности интерпретации результатов необходимо учитывать сезонность эксплуатации, температурные режимы и особенности прокладки кабельных линий, что требует адаптации критериев анализа частичных разрядов к региональным условиям.

Пример расчета корректировки показателей ЧР с учетом температуры и влажности. Активность частичных разрядов напрямую зависит от диэлектрических свойств изоляции, которые меняются при изменении температуры и влажности.

Для корректного сравнения результатов измерений, выполненных в разные сезоны и в разных климатических условиях, предлагается вводить нормализованный индекс активности ЧР, учитывающий среду измерения:

$$A_{PD, \text{норм}} = \frac{A_{PD}}{K_T \cdot K_H}$$

где:  $A_{PD}$  - интегральный показатель активности ЧР;

$K_T$  - температурный коэффициент;

$K_H$  - влагопоправка.

Далее в таблице 1 приведены расчетные данные по формуле.

Таблица 1. Расчетные данные

Показатель	США	Казахстан
$K_T$	1,056	0,755
$K_H$	1,5	0,7
$A_{PD}$	120	80

Для США:

$$A_{PD, \text{норм}} = \frac{120}{1,056 \cdot 1,5} = 76$$

Для Казахстана:

$$A_{PD, \text{норм}} = \frac{80}{0,755 \cdot 0,7} = 151,6$$

Без коэффициента на поправку с учетом климата у США активность ЧР выше 120 имп/с  $>$  80 имп/с. Но с учетом, норма у Казахстана выше 151 имп/с  $>$  76 имп/с. При низкой температуре часть микропроцессов в полости развивается медленнее, импульсы возникают реже вследствие чего их проблематично учесть при диагностике.

**Заключение.** Проведенный анализ показывает, что методы интерпретации результатов диагностики частичных разрядов, применяемые в различных странах,

формируются под влиянием климатических и эксплуатационных факторов. В работе рассмотрены два количественных параметра анализа распределения импульсов частичных разрядов - индекс фазовой согласованности и индекс концентрации источников разрядной активности. Данные показатели позволяют оценивать достоверность зарегистрированных импульсов и характер распределения источников частичных разрядов в кабельной линии. Сравнение практик анализа, применяемых в США и Республике Корея, показывает, что использование фиксированных пороговых значений данных индексов эффективно в условиях стабильной разрядной активности и высокой влажности окружающей среды.

Однако применение аналогичных критериев в условиях Республики Казахстан может приводить к ошибочным выводам. Резко континентальный климат и значительные температурные колебания вызывают нестабильность разрядной активности и изменение фазовой структуры импульсов.

В связи с этим для повышения достоверности диагностики кабельных линий в условиях Казахстана необходимо учитывать региональные особенности эксплуатации и адаптировать критерии анализа результатов частичных разрядов. Предложенный подход может быть использован при разработке методик диагностики и систем мониторинга состояния кабельных линий распределительных электрических сетей.

#### С П И С О К   И С П О Л Ь З О В А Н Н Ы Х   И С Т О Ч Н И К О В

1. IEC 60270: High-voltage test techniques – Partial discharge measurements.
2. IEEE Std 400.3-2018. Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment.
3. Boggs S.A., Stone G.C. Fundamentals of Partial Discharge in Power Equipment. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2012.
4. Montanari G.C. Partial discharge diagnostics of high voltage insulation systems. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2014.
5. Patsch R., Berton A. Condition assessment of medium voltage cable systems using partial discharge diagnostics. IEEE Transactions on Power Delivery.
6. Kim H., Lee J. Analysis of partial discharge patterns in underground cable systems. Journal of Electrical Engineering.

ӘӨЖ 621.3+537

## ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.

**Әлімқазы Шапағат**

Астана халықаралық университеті. Физика, математика және ІТ каф. магистранты.

[Ulagatmusaev1357@gmail.com](mailto:Ulagatmusaev1357@gmail.com)

**Нұржанова Аружан Балтабайқызы**

Астана халықаралық университеті. Физика, математика және ІТ каф. магистранты.

[Arubaltabaevna58@gmail.com](mailto:Arubaltabaevna58@gmail.com)

Ғылыми жетекшісі: Жакатаев Т.А.

*Түйіндеме.* Максвелл теңдеулері жүйесінен толқындық теңдеулер толық түрде қорытылып шығарылады. Яғни электродинамикадағы  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  – векторлары толқынды түрде тарайтыны нақты және толық көрсетілді. Электромагниттік (ЭМ) толқындардың жылдамдық таралу формулаларыда қорытылды және көрсетілді. Әдебиетке сүйендік әрине, алайда кейбір жерлерін ашып толықтырдық.

*Тірек сөздер.* Электродинамика. Максвелл теңдеулері. Толқынды теңдеулер. Толық қорытылуы. ЖИ-да қолдану. Электро магниттік толқын таралуы. Векторлы теңдеулер.