

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/MCRJ4860>

***А. Е. Анарбаев¹, А. А. Кашевкин²**

^{1,2}Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.

УЛЬТРА ҚЫСҚА ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИМПУЛЬСТАРДЫҢ ӘСЕРІНЕН ЖЕРГІЛІКТІ ЖЕЛІ ФРАГМЕНТІНІҢ ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІН ЖАСАУ

Жергілікті Ethernet желілерінің негізгі сипаттамаларына әртүрлі физикалық сипаттағы көптеген факторлар әсер етеді, олардың ішінде: бұралған жұп параметрлер, Физикалық деңгейде кодтау, Физикалық деңгейде электр сигналдарын түрлендіру, импульстік кедергілердің параметрлері.

Бұл мақалада байланыс желілері арқылы ультра қысқа электромагниттік импульстардың әсерінен Ethernet жергілікті желісінің фрагментінің модельдеу моделі жасалды, бұл әртүрлі параметрлері бар ультра қысқа электромагниттік импульстарға ұшыраған кезде кадр қателерін анықтауға мүмкіндік береді. Модельдеу моделі MatLAB/Simulink ортасында жасалды. Компьютерлік эксперименттер жүргізілді.

Компьютерлік модельдеу нәтижелері бойынша қысқа мерзімді электромагниттік импульстардың параметрлері таңдалды, бұл ақпараттық сигналдардың үлкен бұрмалануына әкеледі, олар кейіннен табиғи эксперимент жүргізу кезінде қолданылады.

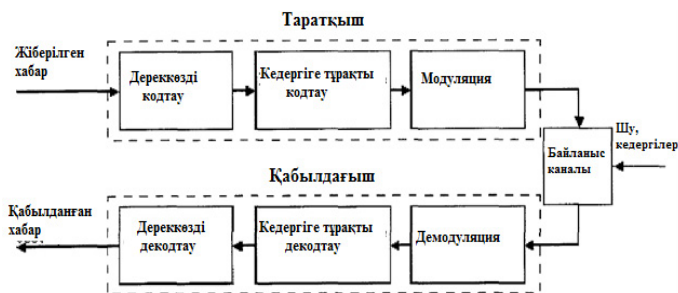
Модельдеу модельдерінің блоктарын жасау үшін Simulink: Communications Toolbox кеңейтімін қолданамыз. Бұл кеңейту пакеті MATLAB ортасында телекоммуникациялық жүйелерді модельдеуге байланысты есептеулерді жүргізуге арналған. Біріншіден, пакет функциялары сандық байланыс жүйелеріне бағытталған, бірақ аналогтық модуляция және демодуляция функциялары да бар.

Бұл мақалада 10GBase-T технологияларына негізделген жергілікті есептеу желілеріне ультра қысқа электромагниттік импульстардың әсер ету модельдері қарастырылғандықтан, төменде көрсетілген стандарттар үшін әзірленген және жетілдірілген модельдер келтірілген.

Кілтті сөздер: Имитациялық модель, электромагниттік импульстар, ethernet, бұралған жұп, мультисервистік желі

Кіріспе

Пакеттің функцияларын олардың мақсатына байланысты семантикалық топтарға бөлу үшін біз суретте көрсетілген байланыс жүйесінің жалпыланған құрылымдық схемасына жүгінеміз. сурет 1 [1].



Сурет 1 – Байланыс жүйесінің жалпыланған құрылымдық схемасы

Материалдар мен әдістер

Байланыс жүйесінің мақсаты-хабарламаны, біздің жағдайда Ethernet жақтауын белгілі бір қасиеттері бар байланыс арнасы арқылы бір нүктеден екінші нүктеге беру (тек белгілі бір жиілік диапазонын өткізу).

Бұл мәселені шешу үшін күріш схемасына сәйкес келесі түрлендірулерді жүзеге асырамыз [1].

Жіберілген хабарлама (кадр) бастапқы кодтауға (көзді кодтауға) ұшырайды, оның мақсаты аналогтық хабарламаны сандық немесе ақпаратты сығуға түрлендіру болып табылады. Келесі кезең-шуылға қарсы кодтау. Мұнда хабарға беру процесінде туындаған барлық немесе кейбір қателерді қабылдау жағында түзету мүмкіндігін қамтамасыз ету мақсатында артықтық енгізіледі. Шуылға қарсы кодты қолданғаннан кейін хабарлама сандық хабарламаны берілген жиілік диапазонын алатын аналогтық модуляцияланған сигналға айналдыратын модуляторға түседі.

Модуляцияланған сигналдың байланыс арнасы арқылы өту процесінде сигнал шу мен кедергіге ұшырайды. Бұрмаланған сигнал қабылдағыштың кірісіне түседі.

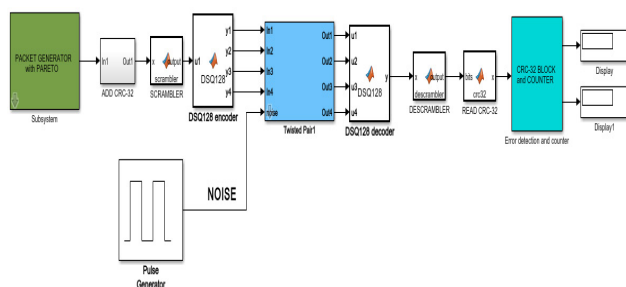
Қабылдау бөлігінің құрылымы таратқыш құрылымының айнадағы көрінісі болып табылады-сигнал кері тәртіпте түрлендірулерді жүзеге асыратын блоктар арқылы өтеді, таратқышта өндірілгенге қатысты кері болады.

Қабылдағышта сигнал демодуляциядан өтеді, оның барысында аналогтық модуляцияланған сигнал сандық хабарламаға айналады. Бұдан әрі шуылға төзімді кодты декодтау жүргізіледі, бұл ретте кодтың түзету қасиеттерінің арқасында беру процесінде туындаған қателердің бір бөлігін (немесе барлығын) түзетуге болады. Қателерді түзеткеннен кейін бастапқы хабарламаны қалпына келтіру [2].

Модельдеу модельдері қазіргі заманғы жоғары жылдамдықты Ethernet желілеріндегі деректерді беру процесінің эмуляторлары болып табылады. Ethernet желілеріндегі деректерді 64-тен 1518 байтқа дейінгі кадрлар жібереді. Жоғарыда айтылғандай, мультисервистік желіде аралас желілік трафик басым болады, яғни.әр түрлі ұзындықтағы кадрлар. Алайда олардың таралуы хаотикалық емес. Эксперименттік бақылаулар көп сервистік желілердегі кадрлардың ұзындығы Парето Заңына сәйкес бөлінгенін көрсетеді.

Нәтижелер және талқылау

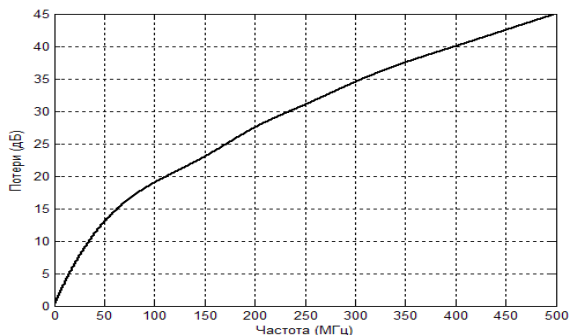
10g-t сипаттамасына сәйкес кодтау моделі бірқатар ерекшеліктерге ие (сурет. 2).



Сурет 1 – 10G Ethernet жергілікті желі фрагментінің имитациялық моделі.

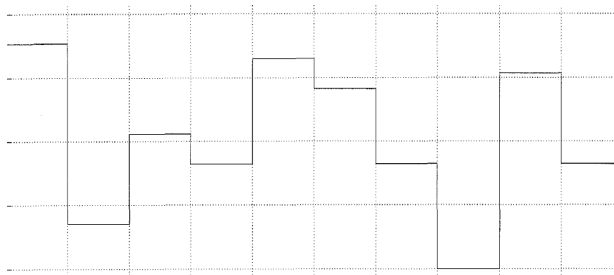
Біріншіден, ол бұралған жұпты беру ортасы ретінде 5-ші емес, 6-шы категорияда қолданылады. Бұл модельде бұралған жұп параметрлерінің жиілікке тәуелділігі арқылы ескеріледі (Сурет 2).

Тікелей берілу ортасын – бұралған жұпты модельдеуді қарастырыңыз. Тиісті блоктардың қасиеттерінде бұралған жұптың ұзындығы, 100 м-ге түсу, 100 м-ге кросс-шығындар көрсетілген.сонымен қатар, модель бұралған жұптың дифференциалды екенін көрсетеді, яғни кернеулер белгімен ерекшеленеді, ал олардың айырмашылығы шығуда есептеледі (Сурет 3).



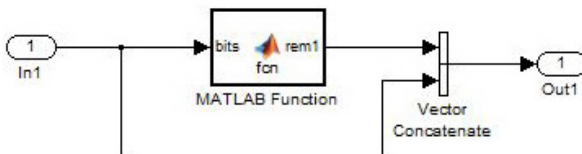
Сурет 3 – 6А санатындағы бұралған жұптың тікелей сөнүінің сигнал жиілігіне жиіліктік тәуелділігі

Бұралған жұптың негізгі қасиеттері жиілікке байланысты болғандықтан, сигнал спектрі виртуалды спектроанализатормен алынып, сипаттамалары трансформация кестесі арқылы есептелді. Модельдеу кезінде алынған 16 деңгейлі сигналдың осциллограммасы суретте көрсетілген. Сурет 4.

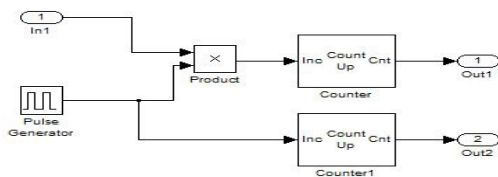


Сурет 4 – 10 GigabitEthernet сигналының Осциллограммасы (10GBase-T)

Енді қателерді анықтау және олардың санын есептеу блогын қарастырайық (сурет. 5, 6). MATLAB Function функциясы CRC-32 полиномасы арқылы бақылау қосынды өрісінің биттерін есептейді және оларды Ethernet жақтауының соңына қосады.



Сурет 5 – бақылау сомасы өрісіндегі жазба

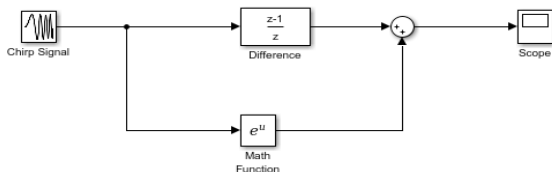


Сурет 6 – CRC-32 қателіктерінің санын және алынған кадрлардың толық санын есептеу алгоритмі

Бақылау сомасының бұрмаланған өрісі бар кадрлар ғана есептелетінін ескеріңіз, бұл кадрдың өзінде бұрмалануды білдіреді. Алайда, бұл бит тізбегі кадр ретінде анықталған жағдайда ғана болады. Егер кедергі қызметтік өрістерді бұрмаласа: ұзындық өрісі, кіріспе және т.б., онда бұл реттілік кадр ретінде танылмайды және кадр жай тасталады.

In1 қателерді санау блогының кірісіне (сурет. 6) CRC-32 қате индикаторы шығады. Ол Pulse Generator шығуынан сағат импульстарының тізбегіне көбейтіледі. Әрі қарай, сигнал есептегіш арқылы өтеді және out1 шығысында қазіргі модельдеу кезінде CRC-32 қателері пайда болады. Out2 шығысында кадрлардың толық саны қалыптасады.

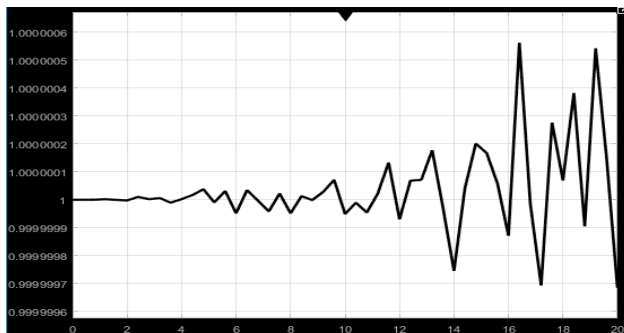
Бұл жұмыста сызықта пайда болған сигналды модельдеу үшін ыдырайтын экспонентпен модуляцияланған синусоидалы сигнал түрінде ұсыныс әдісі қолданылады.



Сурет 7– ультра қысқа электромагниттік импульстарды қалыптастыру моделі

Блоктардағы барлық айнымалылар наносекундтарда орнатылады. Байланыс желісіне кедергіні енгізу үшін Twisted pair блогының noise кірісіне 7 схемалық сигналдың шығыс мәнін беру керек.

8 суретте Имитациялық модельде көрсетілген ультра қысқа электромагниттік импульстің осциллограммасы көрсетілген.



Сурет 8 – Имитациялық модельде берілген ультра қысқа электромагниттік импульстардың типтік формасы

Имитациялық модельді бағдарламалық іске асырудың дұрыстығын бағалау үшін бағдарламаның дұрыс жұмыс істеуін тексеру мақсатында сынақ эксперименті (модельді тестілік деректермен іске қосу) жүргізіледі. Бұл бөлімде модельді тестілеу туралы мәліметтер келтірілген.

Эксперименттерді жоспарлаудың негізгі мақсаты-кейбір мүмкін мәндерден ультра қысқа электромагниттік импульстар параметрлерінің оңтайлы мәндерін табу үшін модельденген жүйенің әрекетін зерттеу және осы мәндерге қойылған шектеулердің әсерін есепке алудың маңыздылығын немесе маңыздылығын анықтау.

Осы мақсатта скрининг эксперименттері жүргізілді. Осы эксперименттердің негізінде Ethernet желілерінде деректерді беруді бұрмалауға және бұғаттауға әкелетін өте қысқа электромагниттік импульстардың параметрлерінің тізімін жасауға болады. Бұл параметрлер кейіннен тексеріледі, бұл Имитациялық модельді тексеруге мүмкіндік береді.

Имитациялық модельде кадрлар қателердің екі түріне сәйкес жазылады: CRC қатесімен қабылданған және қызметтік өрістердің бұрмалануы нәтижесінде тасталған.

Қорытынды

Біріншіден, сандық эксперимент жүргізілді, онда белгіленген ұзындықтағы кадрлар жасалды. Ресиверде рс8 бақылау сомасының дұрыс емес өрісімен келген кадрлар саны туралы статистика жиналды, ал тасталған кадрлар саны жіберілгендер саны мен қабылданғандар саны арасындағы айырмашылық ретінде есептелді. Барлығы 10 000 кадр жинақталды.

Екінші кезекте сандық эксперимент жүргізілді, онда Ethernet кадрларының ұзындығы 64 – 1518 байт аралығында кездейсоқ орнатылды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Сергиенко, А. Б.** Обработка сигналов и изображений с помощью CommunicationsToolbox: обзор / Режим доступа : <http://matlab.exponenta.ru/communicationbook/>. свободный. – Загл. с экрана.
- 2 Скляр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. / Бернард Скляр. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
- 3 **Анарбаев, А. Е., Шайхин, А. К., Далабаев, С.** Ақпарат жіберу желісінде аса қысқа электромагниттік импульс әсерінің талдау әдістемелік тәсілдемесі. Вестник ПГУ, Серия энергетическая. № 3. 2015. – 112 с.
- 4 **Анарбаев, А. Е., Касимов, А.О.** Экспериментальные исследования электромагнитного воздействия на электронные системы и комплексы. Вестник ПГУ, Серия энергетическая. №3. 2016 – 9 с.
- 5 **Anarbayev, A. Ye., Antontsev, A. V., Shaikhin, A. K.,** Methods of Assessing the Influence of Ultrashort Electromagnetic Pulses and Ultrahigh Frequency Radiation on Integrated Circuits. BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA, April 2015. Vol. 12(1), P. 767–778
- 6 **Балюк, Н. В., Кечиев, Л. Н., Степанов, П. В.** Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты, М.:ООО «Группа ИДТ», 2007. - 478 с .
- 7 **F. Sabath, M. Bäckström, B. Nordstrom, D. Serafin, A. Kaiser, B. Kerr and D. Nitsch,** “Survey of Four European High-Power Microwave Narrow-Band Test Facilities”, IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.
- 8 **W. P. Prather, C. E. Baum, R. J. Torres, F. Sabath and D. Nitsch,** «Survey of Worldwide High-Power Wideband Capabilities», IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.
- 9 **Кечиев, Л. Н., Степанов, П. В.** Электромагнитная совместимость и информационная безопасность в системах телекоммуникаций / Л. Н. Кечиев. – М. : Издательский Дом «Технологии», 2005. – 320 с.
- 10 **Богданов, В. Н., Жуковский, М. И., Сафронов, Н. Б.** Система национальных стандартов по защите информации от преднамеренных электромагнитных воздействий / Технологии электромагнитной совместимости. – 2009 – № 1. – С. 23 – 27.

REFERENCES

- 1 **Sergienko, A. B.** Obrabotka signalov i izobrazheniy s pomoschyu CommunicationsToolbox: obzor [Sergienko, A. B. Signal and image processing

using CommunicationsToolbox: overview] [Text] / Rezhim dostupa: <http://matlab.exponenta.ru/communicationbook1> / svobodnyiy. – Zagl. s ekrana.

2 Sklyar Bernard. Tsifrovaya svyaz. Teoreticheskie osnovyi i prakticheskoe primeneni e: per. s angl [Digital communication. Theoretical foundations and practical application : trans. from English] [Text] / Bernard Sklyar. – 2-e izd., ispr. – Moscow : Izdatelskiy dom «Vilyams», 2003. – 1104 p.

3 **Anarbaev, A. E., Shayhin, A. K., Dalabaev, S.** metodicheskiy podhod k analizu vozdeystviya sverhkorotkih elektromagnitnyih impulsov v seti peredachi informatsii [Methodological approaches to the analysis of the impact of a very short electromagnetic pulse on the information transmission network.] [Text] Vestnik PGU, Seriya energeticheskaya. # 3. 2015. – 112 P.

4 **Anarbaev, A. E., Kasimov, A. O.** Eksperimentalnyie issledovaniya elektromagnitnogo vozdeystviya na elektronnyie sistemyi i komplekxyi. [Experimental studies of electromagnetic effects on electronic systems and complexes.] [Text] Vestnik PGU, Seriya energeticheskaya. #3. 2016 – 9 p.

5 **Anarbayev, A. Ye., Antontsev, A. V., Shaikhin, A. K.,** Methods of Assessing the Influence of Ultrashort Electromagnetic Pulses and Ultrahigh Frequency Radiation on Integrated Circuits. BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA, April 2015. Vol. 12(1), P. 767–778

6 **Balyuk, H.B., Kechiev, L.N., Stepanov, P.V.** Moschnyy elektromagnitnyiy impuls: vozdeystvie na elektronnyie sredstva i metodyi zashchityi, [Powerful electromagnetic pulse: impact on electronic means and methods of protection] [Text] M.:OOO «Gruppa IDT», 2007. – 478 p .

7 **F. Sabath, M. Bäckström, B. Nordstrom, D. Serafin, A. Kaiser, B. Kerr** and D. Nitsch, «Survey of Four European High-Power Microwave Narrow-Band Test Facilities», IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.

8 **W. P. Prather, C. E. Baum, R. J. Torres, F. Sabath and D. Nitsch,** «Survey of Worldwide High-Power Wideband Capabilities», IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.

9 **Kechiev, L. N., Stepanov, P. V.** Elektromagnitnaya sovmestimoet i informatsionnaya bezopasnost v sistemah telekommunikatsiy [Electromagnetic compatibility and information security in telecommunication systems] [Text] / L. N. Kechiev. – Moscow : Izdatelskiy Dom «Tehnologii», 2005. – 320 p.

10 **Bogdanov, V. N., Zhukovskiy, M. I., Safronov, N. B.** Sistema natsionalnyih standartov po zashchite informatsii ot prednamerennyih elektromagnitnyih vozdeystviy [The system of national standards for the protection of information from intentional electromagnetic influences] [Text] / Tehnologii elektromagnitnoy sovmestimosti. – 2009 – № 1. – P. 23–27.

*А. Е. Анарбаев¹, А. А. Кашевкин²

^{1,2}Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,

Республика Казахстан, г. Петропавловск

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

На основные характеристики локальных сетей Ethernet влияет множество факторов различной физической природы, среди которых: параметры витой пары, кодирование на физическом уровне, преобразование электрических сигналов на физическом уровне, параметры импульсных помех.

В данной статье разработана имитационная модель фрагмента локальной сети Ethernet под действием ультракоротких электромагнитных импульсов по линиям связи, позволяющая выявить ошибки кадра при воздействии ультракоротких электромагнитных импульсов с различными параметрами. Модель моделирования была разработана в среде MatLAB / Simulink. Проводились компьютерные эксперименты.

По результатам компьютерного моделирования были выбраны параметры кратковременных электромагнитных импульсов, что приводит к большим искажениям информационных сигналов, которые впоследствии используются при проведении естественного эксперимента.

Для создания блоков имитационных моделей используем расширение Simulink: Communications Toolbox. Этот пакет расширения предназначен для выполнения вычислений, связанных с моделированием телекоммуникационных систем в среде MATLAB. Во-первых, функции пакета ориентированы на цифровые системы связи, но есть также функции аналоговой модуляции и демодуляции.

Поскольку в этой статье рассматриваются модели воздействия ультракоротких электромагнитных импульсов на локальные вычислительные сети на основе технологий 10GBASE-T, ниже приведены разработанные и усовершенствованные модели для указанных стандартов.

Ключевые слова: имитационная модель, электромагнитные импульсы, ethernet, витая пара, Мультисервисная сеть

**A. E. Anarbayev*,¹ *A. A. Kashevkin*²

^{1,2}North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk.

Material received on 13.06.22.

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF A LOCAL NETWORK FRAGMENT UNDER THE ACTION OF ULTRASHORT ELECTROMAGNETIC PULSES

The main characteristics of Ethernet local area networks are influenced by many factors of various physical nature, including: twisted pair parameters, coding at the physical level, conversion of electrical signals at the physical level, pulse interference parameters.

In this article, a simulation model of a fragment of a local Ethernet network under the action of ultrashort electromagnetic pulses over communication lines has been developed, which allows detecting frame errors when exposed to ultrashort electromagnetic pulses with different parameters. The simulation model was developed in the MatLAB/Simulink environment. Computer experiments were conducted.

Based on the results of computer modeling, the parameters of short-term electromagnetic pulses were selected, which leads to large distortions of information signals, which are subsequently used during a natural experiment.

To create blocks of simulation models, we use the Simulink: Communications Toolbox extension. This extension package is designed to perform calculations related to modeling telecommunications systems in the MATLAB environment. Firstly, the functions of the package are focused on digital communication systems, but there are also analog modulation and demodulation functions.

Since this article discusses models of the impact of ultrashort electromagnetic pulses on local area networks based on 10GBASE-T technologies, the developed and improved models for these standards are listed below.

Keywords: simulation model, electromagnetic pulses, ethernet, twisted pair, Multiservice network

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz