

ЭЛЕКТРЛІК СИГНАЛДАРДЫ САНДЫҚ ӘДІСТЕР КӨМЕГІМЕН СПЕКТРЛІК ТАЛДАУ

Мукушев Б.А. п.ғ.д., профессор

*С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, 010011,
Нұр-Сұлтан қаласы, Жеңіс даңғылы, 62.*

mba-55@mail.ru

Түйін

Мақалада электрлік сигналдарды спектрлік талдау нәтижелері баяндалған. Спектрлік талдау сандық әдістер көмегімен іске асқан. Тікбұрышты импульстардың периодты тізбегі (ТИПТ) Mathcad қолданбалы программалар пакеті көмегімен зерттелген. Сигналдарды спектрлік талдау арқылы амплитудалық және фазалық диаграммалар алынған. Электрлік импульстардың спектрлік тығыздықтарын сандық әдістермен есептеу жолдары анықталған. Гармониялық электрлік сигналдардың графикалық суреттемесі және Фурье қатарына жіктелуі берілген.

Электрлік сигналдардың спектрін салу кезіндегі ерекшеліктер жан-жақты зерделенді. Сигналдарды желі бойымен тасымалдау кезінде олардың параметрлерінің өзгеріске ұшарау құбылысы ашылды. Амплитудалардың спектрлік диаграммасы және оның амплитудалары мен жиіліктері арқылы сипатталатын сигналды құраушылар зерттелді. Фазалардың спектрлік диаграммасындағы фазалар мен жиіліктер арқылы сипатталатын сигналды құраушылар сандық әдістер және графиктер көмегімен қарастырылды.

Кілт сөздер: Спектрлік талдау, гармониялық тербелістер, периодты және периодты емес сигналдар, электрлік импульс, сандық әдістер, Mathcad қолданбалы программалар пакеті, спектрлік тығыздық.

Кіріспе

Компьютерлік ғылымның қарыштап дамуына байланысты аталған ғылымның физикалық негіздерін зерттеу көкейкесті мәселеге айналып отыр. Өйткені компьютерлік техникалардағы ақпараттар желілер арқылы электрлік сигналдар көмегімен тарайды. Электрлік сигналдар гармониялық және агармоникалық,

периодты және периодсыз, дара импульс түрінде бола алады.

Периодты электрлік сигналдарды Фурье қатары көмегімен зерттеу мәселесі жан-жақты зерделенді [1,2]. Электр тізбегіндегі периодтық гармониялық және ангармоникалық сигналдарды зерттеудің жалпы әдістемесі жасалды. Біз бұл мақалада периодты электрлік сигналдарды спектрлік тұрғыдан

сандық әдістермен талдау мәселесін қарастырамыз. Периодты сигналды сипаттайтын параметрлерді жиілікке тәуелділік графиктер ретінде көрсетуге болады. Мұндай графиктер сигналдың спектрлері деп аталады.

Электрлік сигналды құрап тұрған гармониялық тербелістердің амплитудалары, жиіліктері және бастапқы фазаларының жиынтығын электрлік сигналдың спектрі дейді.

Периодты сигнал спектрлері және олардың формалары арасында тығыз байланыс бар: сигнал формасының өзгерісі оның спектрінің өзгерісін тудырады, немесе сигналдың спектрінің кез-келген өзгерісі оның формасын өзгертеді. Бұл фактор өте маңызды: өйткені сигналдарды тасымалдау кезінде олар өзгеріске ұшарайды, яғни олардың спектрлері де өзгереді.

Спектрлік диаграммалар екі түрге бөлінеді:

- амплитудалардың спектрі;
- фазалардың спектрі.

Зерттеу материалдары және әдістемесі

Периодты, периодсыз және дара электрлік сигналдарды спектрлік талдауға қатысты нақты мысалдарға талдау жасаймыз. Спектрлік талдау MathCAD қолданбалы программалар пакеті көмегімен жасалады. MathCad – инженерлік және ғылыми есептеулерді жүргізуге арналған математикалық пакет. MathCAD қолданбалы программалар пакеті сандық әдістер көмегімен әр түрлі физикалық құбылыстарды зерттей алады. Пакеттің ең негізгі ерекшелігі

Амплитудалардың спектрлік диаграммасында амплитудалары мен жиіліктері арқылы сипатталатын сигналды құраушылардың барлығы көрініс табады. Ал фазалардың спектрлік диаграммасында - фазалары мен жиіліктері арқылы сипатталатын сигналды құраушылардың барлығы көрсетіледі.

Кез келген сигнал амплитудалардың бір спектрлік диаграммасынан және фазалардың бір спектрлік диаграммасынан тұрады. Осы диаграммалардың құрамында көптеген құраушылар болуы мүмкін.

Амплитудалар спектрінде белгілі бір спектрлік сызықтың биіктігі сигналды құрайтын амплитуданың ұзындығына тең. Ал фазалар спектрінде сигналды құрайтын бастапқы фаза шамасына тең болады. Амплитудалар спектрінде барлық құраушылардың шамасы оң болса, фазалар спектрінде құраушылар оң да, теріс те болады [3-5].

тілінің табиғи тілге ұқсас жатқандығында. Тексттік редактордың математикалық мүмкіндіктерін біріктірген бұл пакет физикалық модельдеу үшін көп мүмкіндік береді. MathCad класының жүйесінің физикалық зерттеулерді жүргізудегі рөлі ерекше. Күрделі есептеулерді шешуді жеңілдеті отырып, ол зерттеу кезіндегі қиындықты біршама жеңілдетеді.

MathCad қолданбалы программалар пакетінің графикалық мүмкіндіктері ғылыми есептеулерді мәтінмен қатар графикалық кескіндермен, суреттермен, кестелермен безендіруге мүмкіндік береді. Оның практикалық

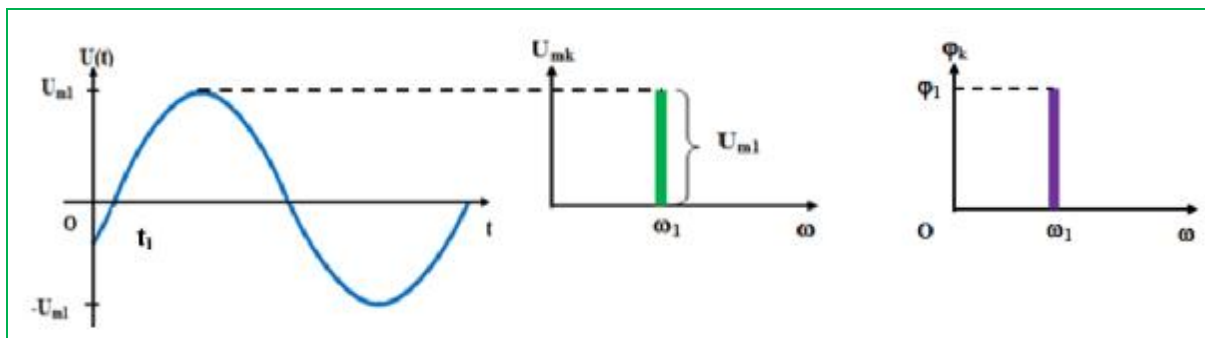
қолданысы интеллектуалды жұмыстардың тиімділігін арттырады. Қолданушы өзінің ғылыми еңбегіне өзгерістер енгізе отырып оның нәтижесін сол бетте бірден бақылай алады. [6-8].

Ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелері

1. Периодты гармониялық электрлік сигналдардың спектрлік суреттемесі. Гармониялық тербелістің математикалық моделі мынандай түрде болады:

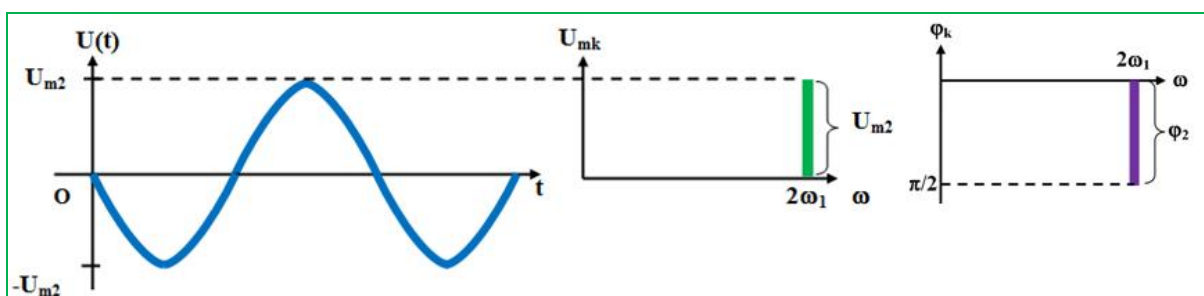
$$u(t) = U_{m1} \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

Математикалық модельден бұл тербелісте бір ғана гармониялық құраушы бар және ол ω_1 жиілікте орналасқанын көреміз. Амплитуда спектрдегі құраушының биіктігі тербеліс амплитудасы U_{m1} - ге тең, ал фазалар спектрінде - φ_1 шамаға ($\varphi_1 = 2\pi t_1/T$), яғни тербелістің бастапқы фазасына тең. Сигналдың спектрлерінің диаграммасын құрған кезде, осы сигналдың уақытқа тәуелділік графигімен салыстыра отырып орындаймыз (Сурет 1).



Сурет 1 - $u(t) = U_{m1} \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$ теңдеуінің спектрлік диаграммалары

Гармониялық тербелістің мынандай математикалық моделін қарастырамыз:
 $u_2(t) = U_{m2} \cos(2\omega_1 t - \pi/2)$ (Сурет 2).



Сурет 2 - $u_2(t) = U_{m2} \cos(2\omega_1 t - \pi/2)$ теңдеуінің спектрлік диаграммалары

Жоғарыдағы суреттерден қарастырып отырған гармониялық тербелістер дискретті және шектелген екенін көреміз.

2. Гармониялық емес периодты сигналдар. Мұндай сигналдардың спектрі көптеген спектрлік құраушылардан тұрады. Гармониялық емес периодты сигналдар Фурье қатарына жіктеледі [1,2]:

$$u(t) = U_0 + Um_1 \sin(\omega_s t + \varphi_1) + Um_2 \sin(2\omega_s t + \varphi_2) + \dots + Um_k \sin(k\omega_s t + \varphi_k) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} Um_k \sin(k\omega_s t + \varphi_k) \quad (1)$$

Демек сигнал тұрақты құраушы (U_0) және көптеген гармониялық құраушылардың ($\sum_{k=1}^{\infty} Um_k \sin(k\omega_s t + \varphi_k)$) қосындысына тең болады.

(1) теңдеуге $\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$ тригонометриялық формуланы қолданамыз. Мынандай алмастырулар қолданамыз: $x = \varphi_k$ и $y = k\omega_s t$. Сонда (1) теңдеу мынандай түрге келеді:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (Um_k \sin \varphi_k \cos k\omega_s t + Um_k \cos \varphi_k \sin k\omega_s t) \quad (2)$$

Um_k және φ_k қатардың параметрлері болғандықтан оларды төмендегідей түрде коэффициенттермен белгілейміз:

$$Um_k \sin \varphi_k = a_k; \quad Um_k \cos \varphi_k = b_k \quad (3)$$

Сонда қатар мынандай түрге келеді:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\omega_s t + b_k \sin k\omega_s t)$$

Қатарды сипаттайтын параметрлерді a_k және b_k коэффициенттер көмегімен анықтауға болады:

$$Um_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad \varphi_k = \arctg a \frac{a_k}{b_k} \quad \text{Мұндағы } k = 1, 2, 3 \dots$$

Тұрақты құраушы (U_0) және коэффициенттер сигналдың ($u(t)$) мәндері арқылы анықталады:

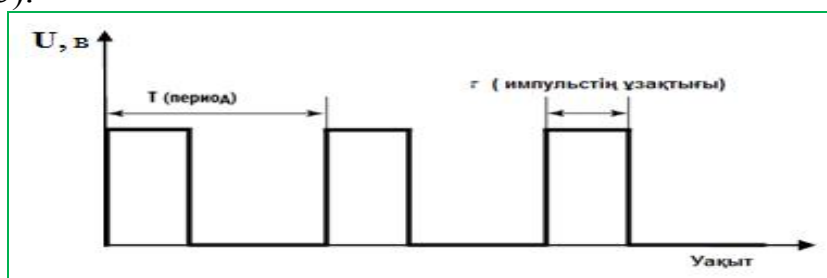
$$U_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt \quad (4)$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) \cos k\omega_s t dt \quad (5)$$

$$b_k = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) \sin k\omega_s t dt \quad (6)$$

(1), (4-6) теңдеулерден мына бір маңызды шартты көруге болады: егер қатар тек косинус құраушылардан ғана тұратын болса – жұп функция ($f(t) = f(-t)$), өйткені $b_k = 0$. Ал қатар тек синус құраушылардан ғана тұратын болса – тақ функция ($f(t) = -f(-t)$), өйткені $a_k = 0$.

Спектрлік әдіспен зерттеу нысаны ретінде периодты гармониялық емес сигналдарға жататын тікбұрышты импульстардың периодты тізбегін (ТИПТ) алайық (Сурет 3).



Сурет 3 - Тікбұрышты импульстардың периодты тізбегі (ТИПТ)

Мұндай сигналдың спектрін салу үшін төмендегі параметрлерді есептеу қажет:

а) сигналдың скважинасы: $q = T/\tau$

б) тұрақты құраушылардың мәндері: $U_0 = U_m/q$ $I_0 = I_m/q$

в) спектрдің бірінші гармоникасының жиілігі сигналдың жиілігіне тең болады: $\omega_1 = \omega_s = 2\pi/T$.

г) спектрдің гармониялық құраушыларының амплитудалары:

$$U_{m_k} = \frac{2U_{m_s}}{k\pi} \cdot \left| \sin \frac{k\pi}{q} \right| = \frac{2U_{m_s}}{q} \cdot \left| \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{\frac{k\pi}{q}} \right|$$

$$I_{m_k} = \frac{2I_{m_s}}{k\pi} \cdot \left| \sin \frac{k\pi}{q} \right| = \frac{2I_{m_s}}{q} \cdot \left| \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{\frac{k\pi}{q}} \right|$$

Периодты сигналдардың спектрін салу кезінде мынандай ерекшеліктерді көруге болады:

1. Барлық гармониялық құраушылардың жиіліктері бірінші гармониканың жиілігімен (ω_1) еселік жиілікте болады ($2\omega_1, 3\omega_1, 4\omega_1$ және т.б.). Демек периодты сигналдардың спектрлері дискретті болады.

2. Амплитудалардың спектрі үшін мынандай жағдайлар орындалады:

а) ТИПТ спектрі бірнеше «жапырақшадан» тұрады;

б) әр «жапырақшадағы» гармониялық құраушылардың саны сигнал скважинасының мәніне байланысты болады және $(q-1)$ ге тең болады;

в) сигнал скважинасының мәнімен жиілігі еселік болатын

гармониялық құраушылардың амплитудалары нөлге тең болады;

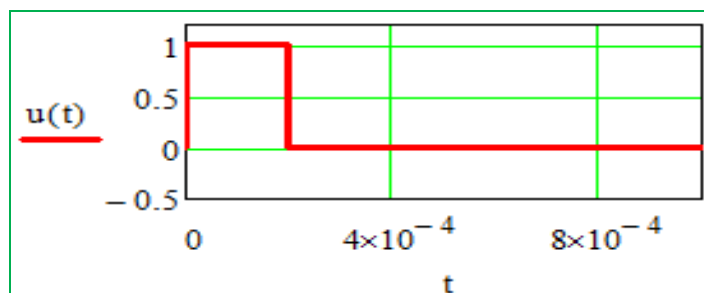
г) спектр формасы гармониялық құраушылардың төбелерін қосатын қисық түрінде болады;

д) аталған қисық шығатын нүкте $2U_0$ немесе $2I_0$ шамаларына тең болады.

3. Фазалар спектрі үшін:

а) бір «жапырақшада» орналасқан барлық гармониялық құраушылар бірдей таңбада болады, ал көрші «жапырақшадағылар» қарама-қарсы таңбада болады.

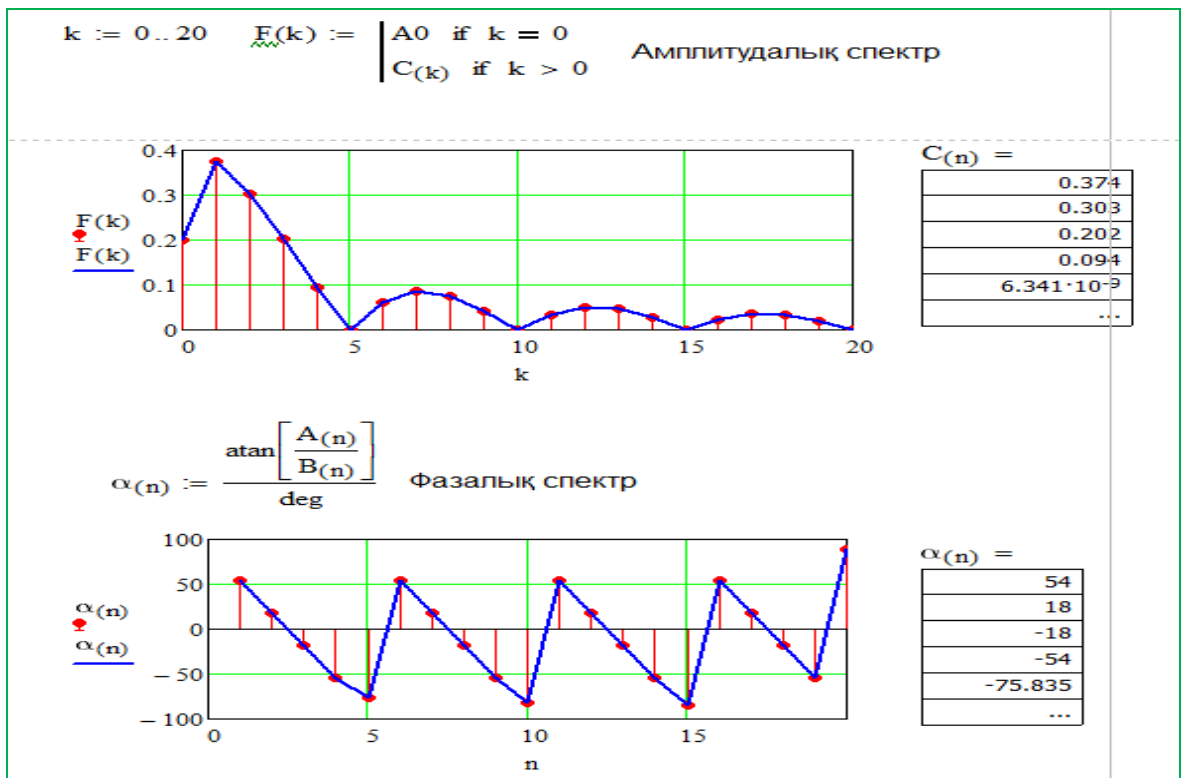
Скважинасы $q=5$, периоды $T=10^{-3}$ с, $U_m=1$ Вольт болған жағдайдағы ТИПТ спектрларының диаграммаларын MathCAD қолданбалы программалар пакеті көмегімен зерттедік (Сурет 4).



Сурет 4 – ТИПТ-нің берілгендері

$T := 10^{-3}$ $q := 5$ $\tau := \frac{T}{q}$ $U_m := 1$ Сигналдың периоды, скважинасы, ұзақтығы және амплитудасы
 $t := 0, 10^{-8} .. T$ $TOL := 10^{-8}$ t мәнінің адымы және есептеудің дәлдігі
 $u(t) := \begin{cases} U_m & \text{if } 0 < t \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ Сигналдың бір периодтағы теңдеуі
 $\omega_1 := 2 \cdot \frac{\pi}{T}$ $\omega_1 = 6.283 \times 10^3$ Бірінші гармониканың дөңгелек жиілігін табу
 $A_0 := \left(\frac{1}{T}\right) \cdot \int_0^T u(t) dt$ $A_0 = 0.2$ Нөлдік гармониканың мәнін есептеу
 $n \geq 1$ жағдайдағы Фурье қатарының коэффициенттерін есептеу:
 $A_{(n)} := \left(\frac{2}{T}\right) \cdot \int_0^T u(t) \cdot \cos(n \cdot \omega_1 \cdot t) dt$ $B_{(n)} := \left(\frac{2}{T}\right) \cdot \int_0^T u(t) \cdot \sin(n \cdot \omega_1 \cdot t) dt$
 $C_{(n)} := \sqrt{[A_{(n)}]^2 + [B_{(n)}]^2}$ $\alpha_{(n)} := \frac{\text{atan}\left[\frac{A_{(n)}}{B_{(n)}}\right]}{\text{deg}}$ Фазалық спектр
 $U(t) := A_0 + \sum_{n=1}^{10} [C_{(n)} \cdot \sin[n \cdot \omega_1 \cdot t + \alpha_{(n)} \cdot \text{deg}]]$ Фурье қатары

Сурет 5 – ТИПТ-і үшін Фурье қатарын есептеуге арналған MathCAD пакеті көмегімен жасалған программа



Сурет 6 – ТИПТ-і үшін амплитудалық және фазалық спектрлердің диаграммалары

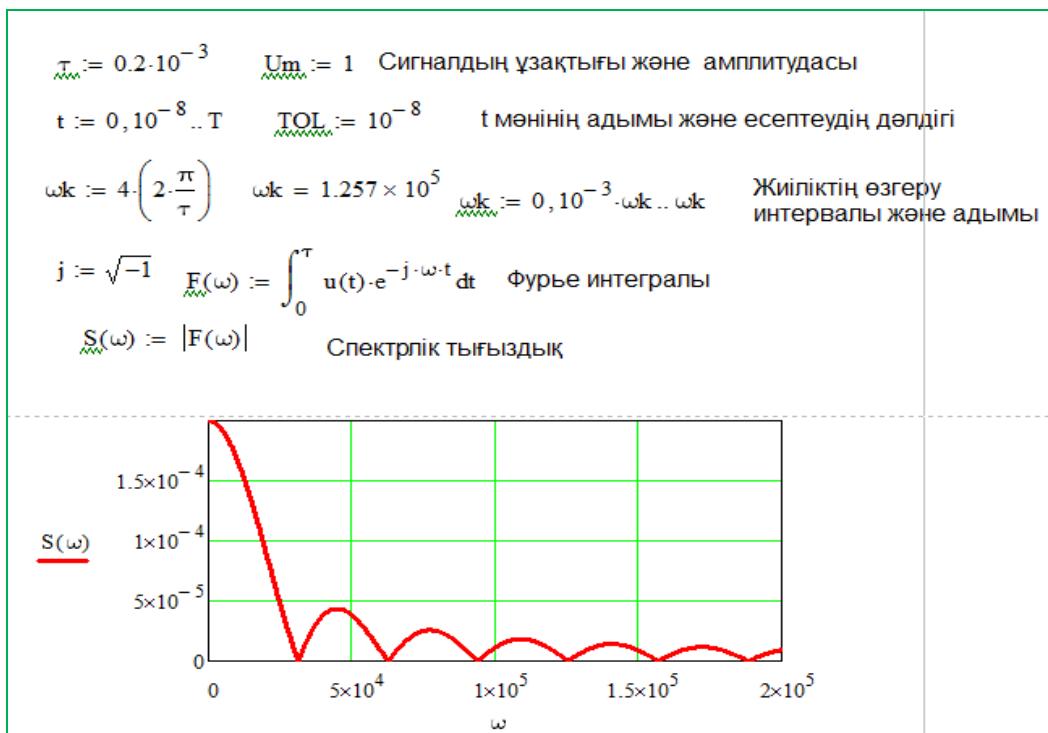
3. Периодты емес сигналдардың спектрі

Периодты емес сигналдардың периодын есептеу мүмкін емес, өйткені $T \rightarrow \infty$. Сондықтан периодты сигналдардың спектрін табу әдістерін қолданып сигналды құраушылардың спектрінің диаграммасын есептеу мүмкін емес. Алайда, мұндай сигналдардың спектрін білу қажет, өйткені барлық информациялық сигналдар периодты емес.

Периодты емес сигналдардың спектрін салу үшін мынандай амалдар орындайды: сигналды ойша белгілі бір периодқа ие болатын периодты сигнал деп есептейді және осы үшін спектрді есептейді. Сонан кейін периодты шексіздікке дейін өсіреді. Сол кезде бірінші гармониканың жиілігі ($\omega_1 = 2\pi/T$) нөлге ұмтылады. Демек

гармониялық құраушылардың ара қашықтығы да нөлге ұмтылады. Сигналды құраушылар бір-бірімен қабаттасып, тұтас спектр пайда болады. Бұл жағдайда Фурье қатарының орнына Фурье интегралы қолданылады. Мұндай спектрді спектрлік тығыздық деп атайды.

Амплитудасы 1 Вольт, ұзақтығы $\tau = 0,2$ мс болатын периодты емес тікбұрышты импульстық сигналдың спектрлік тығыздығын табамыз. $\omega \in [0, \omega_k]$ жиіліктер диапазонында Фурьенің $F(\omega) = \int_0^\tau u(t)e^{-j\omega t} dt$ интегралын қолданамыз. Спектрлік тығыздық $F(\omega)$ модулы түрінде анықталады. 6 суретте дара тікбұрышты импульстық сигналдың спектрлік тығыздығын MathCAD пакеті көмегімен есептеу программасы көрсетілген.



Сурет 7 - Тікбұрышты импульстық сигналдың спектрлік тығыздығы.

Алынған нәтижелерді талқылау және қорытынды

Периодты, периодты емес және дара электрлік сигналдарды спектрлік тұрғыдан зерттеу жұмысы сандық әдістер негізінде жүзеге асты. Электрлік сигналдардың спектрлерін зерттеу жұмысы Mathcad пакеті көмегімен жасалды. Электр сигналдарының спектрлерінің сандық анализінің нәтижелері графиктік, сандық және аналитикалық түрде берілген. Периодты, периодты емес және дара электрлік сигналдардың спектрлерін сандық әдіспен зерттеудің жалпы әдістемесі жасалды[9-11].

Зерттеуіміздің негізгі нысандары компьютерлік желілерде қолданылатын электрлік сигналдар болды. Осы жүйелердегі болатын әр

түрлі сигналдар MathCad қолданбалы программалар пакеті көмегімен сандық әдістер негізінде зерттелді. Электрлік сигналдарды сандық әдіспен зерттей отырып мынандай нәтижелер алдық:

1. Тізбекке түсірілген периодты кернеудің амплитудалық және фазалық диаграммалары Mathcad пакеті көмегімен салынды;

2. ТИПТ-і үшін Фурье қатарын есептеуге арналған MathCAD пакеті арналған бағдарлама жасалды;

3. ТИПТ-і үшін амплитудалық және фазалық спектрлердің диаграммаларын табуға қажетті MathCAD пакеті арналған бағдарлама жасалды

4. Дара тікбұрышты импульстық есептеу әдісі жасалды.
сигналдың спектрлік тығыздығын

Әдебиеттер тізімі

1. Мукушев Б.А. Периодты электрлік сигналдарды Mathcad қолданбалы пакеті көмегімен зерттеу //С.Сейфуллин атындағы КазАТУ хабаршысы. - 2020 №1.- Б.164-171.

2. Мукушев Б.А., Нурбакова Г.С., Исимов Н.Т. Периодты синусоидалды емес электрлік сигналдарды сандық әдістер көмегімен гармоникалық талдау // Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ «Хабаршысы» (Жаратылыстану-техника сериясы) - 2016, №4.- Б.212-217.

3. Батура М.П. Теория электрических цепей. – Миниск: Выш.шк., 2004. – 608 с.

4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Высшая школа, 1998.- 463 с.

5. Воробьев Н.Н. Теория рядов. 4 издание, перераб. и доп. - М.: Наука, 1979. - 408 с.

6. Жук В.В., Натансон Г.И. Тригонометрические ряды Фурье и элементы теории аппроксимации. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983.- 188 с.

7. Очков В. MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов. – Санкт-Петербург. – 2007.- 370 с.

8. Кирьянов Д. Mathcad 14 в подлиннике. Санкт-Петербург. – 2007.- 682 с.

9. Murzalinov D., Akilbekov A., Dauletbekova A., Vlasukova L., Makhavikov M., Zdorovets M. Structural transformations of S-rich SiNx film on Si via swift heavy ions irradiation. // Materials Research Express .- 2018.-Vol. 5. – Iss.3.- № 035035 (Impact- factor - 1,06)

10. Murzalinov D., Vlasukova L., Parkhomenko I., Komarov F., Akilbekov A., Mudryi A., Ryabikin Y., Romanov I., Giniyatova Sh., Dauletbekova A. Luminescence of silicon nitride films implanted with nitrogen ions // Materials Research Express .- 2018.-Vol. 5(9). - № 096414 (Impact- factor - 1,2)

11. В.А.Мукусhev, М. Beresnev ,O. V. Bondar. Comparison of Tribological Characteristics of Nanostructured TiN, MoN, and TiN/MoN Arc-PVD Coatings // Journal of Friction and Wear, 2014, Vol. 35, No. 5, pp. 374–382. © Allerton Press, Inc., 2014. (Impact- factor - 0,75)

References

1. Research of periodic electrical signals using the mathcad application package //Bulletin of KazATU named after S. Seifullin. - 2020- №1.- P.164-171.

2. Mukushev B.A., Nurbakova G.S., Isimov N.T. Harmonic analysis of periodic non-sinusoidal electrical signals by means of numerical methods // Bulletin of LN Gumilyov ENU. - 2016 - №4.- P.212-217.

3. Batura M. P. Theory of electric circuits. - Minisk: Vysh.shk., 2004. - 608 p
4. . Baskakov S. I. Radio engineering circuits and signals. - M.: Higher School, 1998. - 463 p.
5. Vorobyov N. N. Theory of series. 4th edition, reprint. Moscow: Nauka, 1979, 408 p.
6. Zhuk V. V., Natanson G. I. Trigonometric Fourier series and elements of approximation theory. L.: Leningr. Univ., 1983.-188 p.
7. Ochkov V. MathCAD 14 for students, engineers and designers. - St. Petersburg. - 2007.- 370 p.
8. Kiryanov D.A. Mathcad 14 in the original. St. Petersburg. - 2007.- 682 p.
9. Murzalinov D., Akilbekov A., Dauletbekova A., Vlasukova L., Makhavikov M., Zdorovets M. Structural transformations of S-rich SiNx film on Si via swift heavy ions irradiation. // Materials Research Express .- 2018.-Vol. 5. – Iss.3.- № 035035.
10. Murzalinov D., Vlasukova L., Parkhomenko I., Komarov F., Akilbekov A., Mudryi A., Ryabikin Y., Romanov I., Giniyatova Sh., Dauletbekova A. Luminescence of silicon nitride films implanted with nitrogen ions // Materials Research Express .- 2018.-Vol. 5(9). - № 096414.
11. B.A.Mukushev, M. Beresnev ,O. V. Bondar. Comparison of Tribological Characteristics of Nanostructured TiN, MoN, and TiN/MoN Arc-PVD Coatings // Journal of Friction and Wear, 2014, Vol. 35, No. 5, pp. 374–382. © Allerton Press, Inc., 2014.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Мукушев Б.А. д.п.н., профессор

*Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина
Республика Казахстан, г. Нур-Султан, проспект Женис, 62.
mba-55@mail.ru*

Аннотация

В условиях информатизации всех сфер человеческой деятельности большой интерес ученых вызывают вопросы физических основ вычислительной техники. Один из этих главных вопросов является применение электрических сигналов в сетях компьютерной техники. С помощью электрических сигналов сообщения (текст, видео и т.п.) кодируются и передаются на расстояния. Информация может содержаться в амплитуде сигнала, частоте и фазе. По этому спектральный анализ является важным этапом исследования электрических сигналов, используемых в компьютерной технике.

В работе изложены результаты спектрального анализа различных электрических сигналов. Спектральный анализ был проведен с помощью

численных методов. Исследована периодическая последовательность прямоугольного импульса (ПППИ) с помощью ППП Mathcad. Были получены амплитудный и фазовый спектры сигналов. Определены пути расчета спектральной плотности одиночных импульсов на основе численных методов.

Ключевые слова: Спектральный анализ, периодические и аperiodические сигналы, электрические импульсы, численные методы, пакет прикладных программ Mathcad, прямоугольный импульс, спектральная плотность.

SPECTRAL ANALYSIS OF ELECTRICAL SIGNALS BASED ON NUMERICAL METHODS

*Mukushev B.A. doctor of pedagogical sciences, professor,
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 010011, Republic of Kazakhstan,
Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62.
mba-55@mail.ru*

Abstract

In the context of informatization of all spheres of human activity, scientists are very interested in the physical foundations of computer technology. One of these main issues is the application of electrical signals in computer networks. With the help of electrical signals, messages (text, video, etc.) are encoded and transmitted over distances. Information can be contained in the signal amplitude, frequency, and phase. For this reason, spectral analysis is an important stage in the study of electrical signals used in computer technology.

The paper presents the results of spectral analysis of various electrical signals. Spectral analysis was performed using numerical methods. The periodic sequence of a rectangular pulse is investigated using the Mathcad. The amplitude and phase spectra of the signals were obtained. The ways of calculating the spectral density of single impulses on the basis of numerical methods are determined.

Keywords: Spectral analysis, periodic and aperiodic signals, electrical pulses, numerical methods, Mathcad application package, rectangular pulse, spectral density.