

APPLICATION OF INTERACTIVE METHODS WHEN TEACHING THE TOPIC INVESTIGATING OF PHASE MODULATION¹³

Assist. Prof. Ivanka Tsvetkova, PhD

Department of Telecommunications

University of Ruse “Angel Kanchev”, Bulgaria

Tel.: +359 82 888 836

E-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg

Abstract: Modulation is an important part of processing signals that can be transmitted via different transmission media. Depending on the application, different techniques can be applied. In this paper, only phase modulation is investigated, as it is used in wireless communication (such as Wi-Fi and GSM), satellite communications, and navigation systems. The interactive methods that are used during the teaching of the topic “Investigation of Phase Modulation” are presented. To enhance students’ interest and engagement, the lecturer uses different interactive methods, which are presented with the task that students need to solve during exercise classes, and the solution that they find. With this method, different skills essential for the 21st century are developed or improved.

Keywords: Interactive Methods, Phase Modulation, Active Methods, Radio Communication, Simulation.

ВЪВЕДЕНИЕ

Важен процес при обработката на сигнал преди неговото предаване е модуляцията (Фиг. 1). Различни параметри могат да бъдат променяни с цел получаване на по-високочестотен сигнал (Faruque, S., 2017).



Фиг. 1. Процесът модуляция

Една от модулационните техники е фазовата модуляция (ФМ). При нея фазата на носещата вълна се променя в съответствие с амплитудата на сигнала на съобщението, докато амплитудата и честотата остават постоянни (Burr, A., 2001). ФМ предлага подобрени характеристики на шума в сравнение с амплитудната модуляция, което води до по-добро качество на звука. ФМ сигналите поддържат постоянна амплитуда, което ги прави по-устойчиви на свързани с амплитудата изкривявания и позволява по-ефективно усилване. ФМ понякога се използва в безжичната комуникация (като Wi-Fi и GSM) (Dahunsi, F. M., Ijadunola, H., Melodi, A. O., & Ponnle, A. A., 2022), навигационни системи (Prol, F. S., Ferre, R. M., Saleem, Z., Välisuo, P., Pinell, C., Lohan, E. S., & Kuusniemi, H., 2022) и

¹³ The paper was presented on 24 October 2025 in section “Communication and Computer Technologies” with original title in Bulgarian: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ ПРИ ПРЕПОДАВАНЕ НА ТЕМАТА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАЗОВА МОДУЛАЦИЯ

сателитни комуникационни системи (Chen, D., Zhang, J., & Zhao, R., 2021) заради свойството си на постоянна обвивка, което позволява по-ефективно усилване. ФМ е важна част от много методи за кодиране в цифровите комуникационни системи и осигурява висока устойчивост на шум, което я прави предпочитана в определени приложения. По-често се използва в комбинация с други модуляции.

За по-лесното усвояване на материала от студентите, когато изучават темата „Изследване на фазова модулация“, се използват различни активни и интерактивни методи. Така студентите се ангажират повече по време на час, което спомага за по-доброто разбиране на материала и неговото по-дългоременно запомняне. В този доклад са представени активните и интерактивни методи, които се използват по време на занятията, когато студентите изучават темата „Изследване на фазова модулация“, както и задачите, които решават по време на упражненията с техните решения.

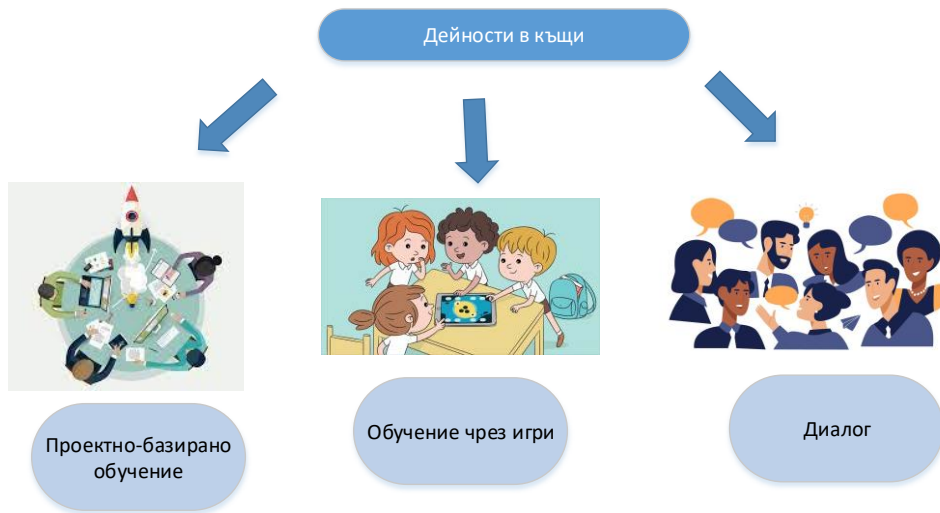
АКТИВНИ И ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ

Активните и интерактивни методи спомагат студентите да бъдат активни в часовете, по-лесно да усвояват нови знания и да останат концентрирани в работата по време на занятията (Bilyk, V., Banak, R., Bardadym, O., Sokal, M., & Anichkina, O., 2023). По време на изучаването на темата „Изследване на фазова модулация“ се използват не само дискусии, брейнсторминг и „въпроси и отговори“, но и метода „помисли, обсъди и сподели“, учене чрез правене, както и проектно-базираното обучение.

Методите за обучение „задачи и проекти“ изискват от студентите да решават проблеми, да представят проекти или да изготвят доклади, като допълнителна информация към лекцията или курса (Саһуани, Н. К. С., 2021). Това може да бъде ефективен начин за изграждане на умения и приложение на теоретичните знания в практически ситуации. Част от задачите могат да се решават в клас (Фиг. 2), а друга част да е за вкъщи (Фиг. 3) (Lopera, H. A. C., Gutiérrez-Velásquez, E., & Ballesteros, N., 2022). По дисциплината „Радиокомуникационни технологии“, по която се изучава темата „Изследване на фазова модулация“, студентите имат проект, който да изпълнят по време на целия семестър.



Фиг. 2. Дейности, които се изпълняват в клас при решаването на проекти



Фиг. 3. Дейности, които се изпълняват вкъщи при решаването на проекти

Други методи на обучение, които се използват по време на занятията, са „видео и аудио материали“. Те могат да бъдат използвани за представяне на информация или концепции. Могат да включват видео лекции, подкастове, аудио книги и други (Al-Marouf, R. S., Alahbabi, N. M. N., Akour, I., Alhumaid, K., Ayoubi, K., Alnaimi, M., & Salloum, S. 2022). Това е добър начин за визуално обогатяване на уроците и предоставяне на допълнителна информация (Фиг. 4).



Фиг. 4. Видео и аудио материали по време на занятията

Уменията на 21^{ви} век (наречани още „меки умения“) са свързани с начина на мислене, вземането на решения, комуникативността и креативността (Фиг. 5). С тяхна помощ студентите ще се справят по-лесно в нова и непозната среда, ще намират решения на сложни проблеми и ще могат да работят ефективно, както самостоятелно, така и в екип (Chen, D., 2023). Тези умения са от огромно значение за успешното развитие в модерния свят.



Фиг. 5. Умения на 21^{ви} век

Всички методи целят студента да е ангажиран, да прави нещо и да вижда резултат от действията си, за да е по-мотивиран и концентриран върху задачите. Обучението е с главен действащ студента, студентът да е водещият, а преподавателят само да подпомага. За да е по-лесно за студентите, те най-често работят в групи. Така се обсъждат различни идеи и гледни точки при решаването на един проблем, което улеснява задачата, вместо всеки да трябва сам да тества всяка идея, докато открие правилното решение. Работата в група държи не само студентите активни по време на занятията, но и спомага за развитието на качества като комуникация, работа в екип, презентирание и др. Когато студентите имат водеща роля по време на занятията, те по-бързо усвояват нови знания и умения, които запомнят за по-дълго време.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ ПРИ ПРЕПОДАВАНЕ НА ТЕМАТА „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФАЗОВА МОДУЛАЦИЯ“

ФМ сигнал може да се генерира като се променя фазата на носещия сигнал в зависимост от амплитудата на сигнала-съобщение. Приемайки, че носещият сигнал $A_c \cos(\omega_c t)$ е модулиран от сигнала-съобщение $A_m \cos(\omega_m t)$, фазово-модулираната вълна $y(t)$ е (Zeng, Q., Yang, P., Yin, L., Lin, H., Wu, C., Yang, F., & Yang, S., 2021):

$$y(t) = A_c \cos(\omega_c t + 2\pi\beta \cos(\omega_m t)) \quad (1)$$

където A_c е пиковата амплитуда на носещия сигнал; ω_c е ъгловата честота на носещия сигнал; A_m е пиковата амплитуда на сигнала-съобщение; ω_m е ъгловата честота на сигнала-съобщение; β е индексът на модулация. Индексът на модулация, β , се дава със следния израз:

$$\beta = K_p A_m, \quad (2)$$

където K_p е чувствителността на отклонението.

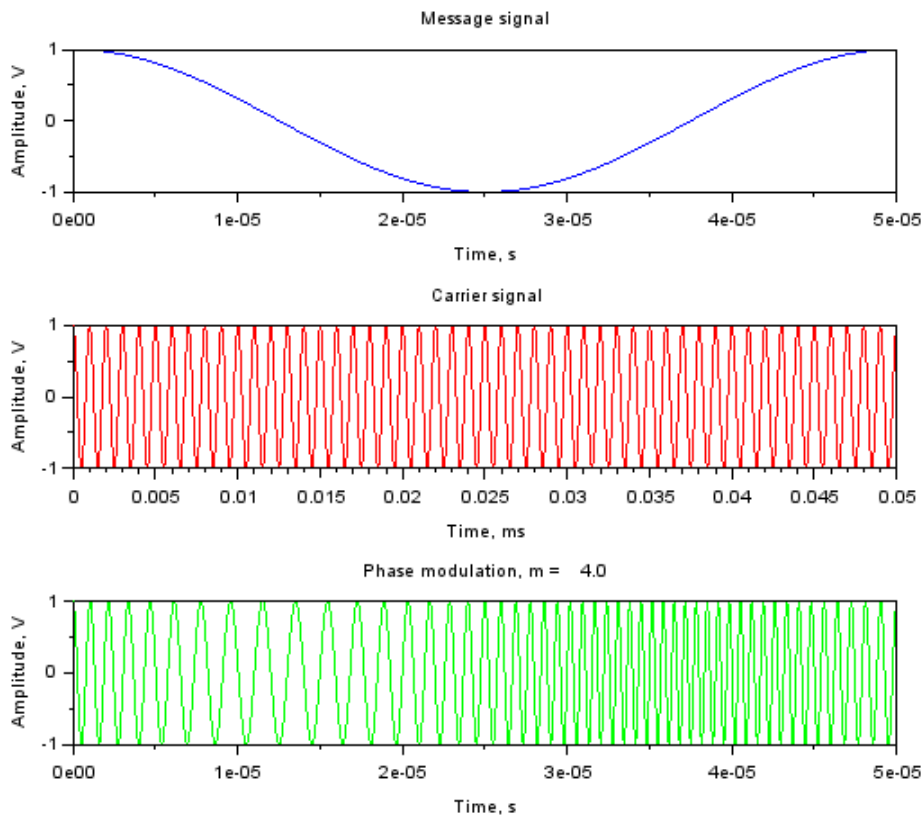
Мощността на ФМ сигнал може да се изчисли със следната формула (Zeng, Q., Yang, P., Yin, L., Lin, H., Wu, C., Yang, F., & Yang, S., 2021):

$$P = \frac{1}{2R} A_c^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n^2(\beta) = \frac{A_c^2}{2R} \quad (3)$$

Студентите решават задачите групово, като трябва да вземат решения, да усъвършенстват уменията за работа в екип, комуникацията си и да развият критично мислене.

В първата задача студентите трябва да симулират ФМ сигнал, като използват софтуера Scilab. Целта е да снемат от екрана на компютъра сигнал-съобщение, носещия и ФМ сигнал и да анализират получените резултати.

На Фиг. 6 е даден пример за резултата от едно такова генериране на ФМ сигнал със софтуера Scilab, като на първата фигура със синьо е сигналът-съобщение, на втората с червено – носещият сигнал, а на третата със зелено е ФМ сигналът. В този случай дълбочината на модулацията е $m = 4$. Студентите написват код, свързан със създаването на фазово-модулирания сигнал и неговото изчертаване, като могат да изберат и други цветове за съответните сигнали.



Фиг. 6. Резултат при изпълнението на първата задача

Следващата задача е да се свържат генератор на сигнали и осцилоскоп, както е показано на Фиг. 7.

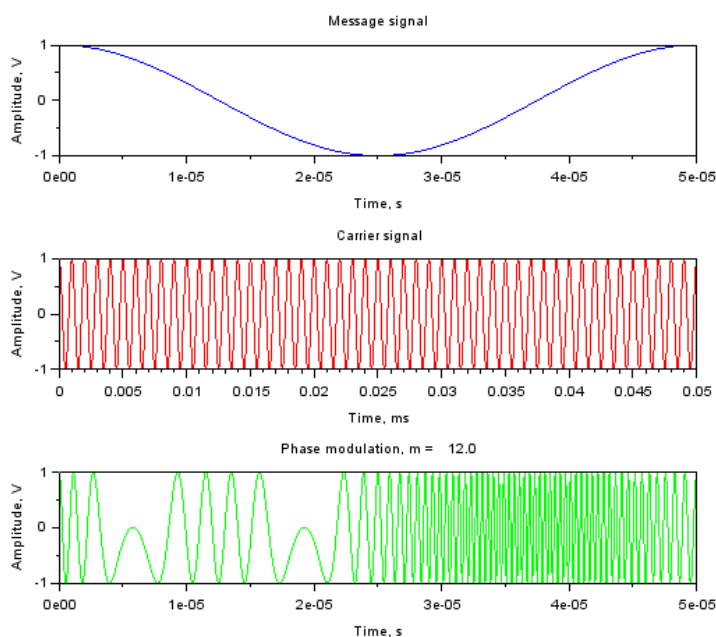


Фиг. 7. Схема на свързване при решаването на втората задача

Третата задача е да се зареди генерираният ФМ сигнал в генератора на сигнали и да се сравнят ФМ сигналите: този, който се наблюдава на осцилоскопа и този, генериран със софтуера Scilab, като се запише какво е наблюдавано.

При решаването на третата задача студентите биха могли да наблюдават честотно изместване и на двата ФМ сигнала, които се появяват на осцилоскопа и при симулирането със софтуера Scilab. На практика не се наблюдава обаче фазово изместване, тъй като индексът на модулация е твърде нисък.

Четвъртата задача е да се запазят връзките, както е показано на Фиг. 7. Да се промени индексът на модулацията на ФМ сигнал в Scilab да е 12 и да се генерира отново сигнала. Резултатът от софтуера е даден на Фиг. 8.



Фиг. 8. Резултат от софтуера при решаването на четвъртата задача

Последната задача е да се зареди генерираният сигнал в генератора на сигнали и да се запише какво се наблюдава.

В решението на студентите трябва да е отбелязано наблюдението и анализът по Фиг. 8 при по-висок модулационен индекс и да са отбелязали, че се наблюдава изкривяване на ФМ сигнал, което затруднява правилното възстановяване в приемната страна.

Всяка задача се решава от всеки студент, но те работят заедно в групи от по три или четири студента. Така имат възможност да се учат един от друг, от собствените си грешки и тези на другите в групата, както и да развиват важни компетенции като комуникация, работа в екип и взимане на решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на активни и интерактивни методи по време на обучението повишава ангажираността на студентите. По време на упражненията те работят на групи, като си помагат взаимно, за да получат решението на задачите, като развиват или усъвършенстват важни компетенции и умения. В доклада са представени използваните активни и интерактивни методи по време на обучението на студентите, докато изучават темата „Изследване на фазова модулация“. Представени са задачите, които студентите трябва да решат по време на упражненията, както и решенията, които трябва да получат. Използвайки работа на групи, студентите се научават да работят в екип, да комуникират и да взимат решения, усъвършенстват или развиват критично мислене и креативност. Уменията на 21^{ви} век са важни за студентите, тяхното усвояване и развиване им спомага да бъдат уверени в своите възможности, знания и че ще се справят и на пазара на труда, където ще бъдат изправени пред решаването на различни задачи.

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази публикация е изготвена с подкрепата на Проект 2025-ФЕЕА-03 „Създаване и изследване на методики за приложение на блоково-базираното програмиране и роботизираните платформи в образованието“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Русенски университет „Ангел Кънчев“.

REFERENCES

- Al-Marouf, R. S., Alahbabi, N. M. N., Akour, I., Alhumaid, K., Ayoubi, K., Alnnaimi, M., & Salloum, S. (2022). *Students' Perception towards Behavioral Intention of Audio and Video Teaching Styles: An Acceptance Study*. International Journal of Data and Network Science, 6(2), 603.
- Bilyk, V., Banak, R., Bardadym, O., Sokal, M., & Anichkina, O. (2023). *Introduction of Interactive Teaching Methods in Modern Schools*. Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación, 17(2), pp. 199-209.
- Burr, A. (2001). *Modulation and Coding for Wireless Communications*. Pearson Education.
- Cahyani, N. K. C. (2021). *The Effectiveness of Project-Based Learning Models in Improving Students' Creativity (A Literature Review)*. The Art of Teaching English as a Foreign Language (TATEFL), 2(1), pp. 73-77.
- Chen, D. (2023). *Toward an Understanding of 21st-Century Skills: From a Systematic Review*. International Journal for Educational and Vocational Guidance, 23(2), pp. 275-294.
- Chen, D., Zhang, J., & Zhao, R. (2021). *Adaptive Modulation and Coding in Satellite-Integrated 5G Communication System*. 2021 IEEE 21st International Conference on Communication Technology (ICCT), pp. 1402-1407.
- Dahunsi, F. M., Ijadunola, H., Melodi, A. O., & Ponnle, A. A. (2022). *Analysis of GSM, Wi-Fi and LPWAN Communication Technologies for Smart Energy Metering Circuits*. 2022 IEEE Nigeria 4th International Conference on Disruptive Technologies for Sustainable Development (NIGERCON), IEEE, pp. 1-5.
- Faruque, S. (2017). *Radio Frequency Modulation Made Easy*. Cham, Switzerland: Springer. DOI 10.1007/978-3-319-41202-3.
- Lopera, H. A. C., Gutiérrez-Velásquez, E., & Ballesteros, N. (2022). *Bridging the Gap between Theory and Active Learning: A Case Study of Project-Based Learning in Introduction to Materials Science and Engineering*. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, 17(2), pp. 160-169.
- Prol, F. S., Ferre, R. M., Saleem, Z., Välisuo, P., Pinell, C., Lohan, E. S., & Kuusniemi, H. (2022). *Position, Navigation, and Timing (PNT) through Low Earth Orbit (LEO) Satellites: A Survey on Current Status, Challenges, and Opportunities*. IEEE access, 10, pp. 83971-84002.
- Zeng, Q., Yang, P., Yin, L., Lin, H., Wu, C., Yang, F., & Yang, S. (2021). *Phase Modulation Technique for Harmonic Beamforming in Time-Modulated Arrays*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 70(3), pp. 1976-1988.