



СИНХРОНІЗАЦІЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ

Робоча програма навчальної дисципліни «Синхронізація в телекомунікаційних системах та мережах» (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
Освітня програма	«Інформаційно-комунікаційні технології»
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів/150 годин (36 годин – Лекції, 18 годин – Практичні, 96 годин – СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/модульна контрольна робота
Розклад занять	https://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: канд. тех. наук, доцент, Правило Валерій Володимирович, v.v.pravylo@ukr.net Практичні: канд. тех. наук, доцент, Правило Валерій Володимирович, v.v.pravylo@ukr.net
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Цілі дисципліни	Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей: – в умовах професійної діяльності володіти методами захисту, управління та контролю якості мереж синхронізації, оцінювати якість роботи пристроїв та каналів синхронізації, перевіряти відповідність пристроїв та каналів синхронізації міжнародним стандартам.; – засвоєння основ синхронізації в різних типах мереж, стратегії мережної синхронізації, стандартних архітектур мереж синхронізації, управління мережами синхронізації, глобальної системи навігації та визначення місцеположення; – застосування отриманих знань для глибокого розуміння принципів організації та інформаційного забезпечення синхронізації часу в телекомунікаційних мережах;
Предмет навчальної дисципліни	Системи та мережі синхронізації
Компетентності	Навчальна дисципліна доповнює такі фахові компетентності як: Здатність застосовувати знання існуючих технологій і методів обробки та відображення інформації в сучасних інформаційно-телекомунікаційних системах (ФК10); Здатність застосовувати набуті знання та уміння з методів інформаційного, структурно-функціонального та системного аналізу, багатофакторних ризиків, прогнозування і передбачення, комплексного системного управління в контексті складних інфокомунікаційних систем і технологій (ФК19); Володіння сучасними методами захисту, управління та контролю якості мереж синхронізації інфокомунікаційних систем, оцінювати якість роботи пристроїв та каналів синхронізації, перевіряти відповідність пристроїв та каналів синхронізації міжнародним стандартам. (ФК21);
Програмні результати навчання	Навчальна дисципліна доповнює такі програмні результати навчання: Досліджувати процеси у телекомунікаційних та радіотехнічних системах з використанням засобів автоматизації інженерних розрахунків, планування та проведення наукових експериментів з обробкою і аналізом результатів (ПРН6); Володіти основними засадами теорії і практики системного проектування телекомунікаційних мереж, інтелектуальної обробки інформації, прийомів імітаційного моделювання систем та технологічних процесів (ПРН16).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: Дисципліна “Синхронізація в телекомунікаційних системах та мережах” є вибірковою та створює індивідуальну траєкторію навчання студентів і базується на засвоєнні освітніх компонентів циклів загальної та професійної підготовки “Системне проектування телекомунікаційних мереж” (ПО 01), “Платформи управління інфокомунікаціями” (ПО 02), “Математичні методи аналізу та проектування телекомунікаційних систем та мереж” (ПО 03)

Постреквізити: Кредитний модуль «Синхронізація в телекомунікаційних системах та мережах» передує кредитним модулям «Практика» (ПО8), «Виконання магістерської дисертації» (ПО9).

Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
1	2	3	4	6
Тема 1. Аспекти синхронізації мереж СЦД.	60	18	9	33
Тема 2. Архітектури мереж синхронізації.	60	18	9	33
Екзамен	30	-	-	30
Всього годин	150	36	18	96

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Стефано Брені. Синхронізація цифрових мереж зв'язку. – Мир, 2003.
2. Бакланов І.Г. Технологія сучасних систем синхронізації. Частина 2. – ЭКО-ТРЕНЗ, 1999.
3. Бондаренко В.Г. Розділи 2.10 Система синхронізації і 2.11 Режими синхронізації при взаємодії мережі СЦД. В брошурі Керівний технічний матеріал (КТМ) по застосуванню систем та апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережі зв'язку України. ДПМ ВАТ «Укртеле-ком» Київ: 1999.

Додаткова література

4. S. Bregni, M. Carbonelli, M. D'Agrosa, D. De Seta, D. Perucchini. Different behaviour of frequency stability measures in independent and synchronized clocks: theoretical analysis and measurement results, New Orleans, USA, 1994.

5. S. Bregni, M. Carbonelli, D. De Seta, D. Perucchini. Impact of the time error sampling period on telecommunications clock stability measures, **European Transactions on Telecommunications**, 1997.

Інформаційні ресурси

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Очна/дистанційна форма

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Необхідність синхронізації. Основні положення. Вплив проковзувань на послуги, що надаються. Необхідність синхронізації SDH та SONET. Вимоги до робочих характеристик синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [2], с 5-10;
2	Тактова синхронізація в ЦСП. Призначення та класифікація систем тактової синхронізації. Системи тактової синхронізації з пасивною фільтрацією. <i>Рекомендована література:</i> [1], розд.1
3	Циклова синхронізація в ЦСП. Принцип організації циклової синхронізації. Динаміка роботи та параметри системи циклової синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], розд.1
4	Призначення та використання ФАПЧ. Використання ФАПЧ для зниження джитера. Аналогові ФАПЧ. Цифрові ФАПЧ. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 109-113
5	Синхронізація в різних типах мереж. Історія розвитку мережної синхронізації. Синхронізація в аналогових мережах з ЧРК. Синхронізація та цифрова передача в мережах ПЦІ. Синхронізація та цифрова комутація. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 140-145
6	Синхронізація та цифрова комутація. Вплив проковзувань на якість послуг, що надаються цифровими мережами. Синхронізація комутаційного обладнання по каналах ПЦІ. Синхронізація телефонних мереж мобільного зв'язку. <i>Рекомендована література:</i> [1], с.145-148, 152-153
7	Синхронізація транспортних мереж. Синхронізація та цифрова передача в мережах СЦІ/SONET. Синхронізація транспортних мереж АТМ. Перспективи розвитку мереж синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 148-154
8	Стандартні архітектури мереж синхронізації. Архітектура мереж синхронізації МСЕ-Т та ETSI. Архітектура мереж синхронізації ANSI (Американський національний інститут стандартів) <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 160-169
9	Планування мережі синхронізації. Загальне керівництво. Внутрішньовузловий розподіл сигналу синхронізації. Планування мережі синхронізації в мережах СЦІ та SONET. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 169-174
10	Управління мережами синхронізації. Функціональні області та рівні управління мережею. Управління TMN. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 174-182
11	Управління мережами синхронізації. Функціональна архітектура TMN, опорні точки та інтерфейси. Системи управління мережею синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 174-182
12	Моніторинг робочих характеристик мережі синхронізації. Відмови та збої синхронізації. Стратегії моніторингу робочих характеристик мережі синхронізації. Методи моніторингу робочих характеристик мережі синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 183-192

13	Пристрої та сигнали синхронізації. Модель синхросигналу та його основні параметри. Стабільність та точність пристроїв синхронізації. Автономні та відомі пристрої синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 218-225
14	Загальні відомості про тактові генератори. Кварцові генератори. Атомні стандарти частоти. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 299-308
15	Загальні відомості про тактові генератори. Стандарти частоти на цезієвих пучках. Стандарти частоти на водневих лазерах типу MASER. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 299-308
16	Метрологічне забезпечення вимірювань частоти та часу в електрозв'язку. Малошумлячий змішувач. Синтезатор частоти. Аналогові та цифрові аналізатори спектру. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 340-342
17	Методи безпосереднього цифрового вимірювання. Вимірювання помилки часового інтервалу. Вимірювання частоти та періоду. Методи підвищення чутливості вимірювальних приладів. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 345-349
18	Причини виникнення джитера та вандера в мережах СЦІ. Температура навколишнього середовища. Вирівнювання за допомогою показників. Заголовок та фіксована вставка в структурі завантаження. <i>Рекомендована література:</i> [2], с. 98–102

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Стратегії мережної синхронізації. Повністю плетіохронна мережа. Синхронізація “ведучий-ведомий”. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 154-160
2	Стратегії мережної синхронізації. Взаємна синхронізація. Змішана синхронізація. Ієрархічна синхронізація. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 154-160
3	Призначення та використання ФАПЧ. Використання ФАПЧ для зниження джитера. Аналогові ФАПЧ. Цифрові ФАПЧ. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 109-113
4	МКР-1. “Аспекти синхронізації мереж СЦІ ”
5	Робочі характеристики та оцінка стабільності пристроїв синхронізації. Робочі характеристики ведених пристроїв синхронізації. Режим роботи ведених пристроїв в мережах синхронізації. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 240-249
6	Робочі характеристики та оцінка стабільності пристроїв синхронізації. Оцінка стабільності пристроїв синхронізації в частотній області. Оцінка стабільності пристроїв синхронізації в часовій області. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 240-249
7	Глобальна система навігації та визначення місцеположення. Глобальна система навігації та визначення місцеположення та її основні принципи роботи. Космічний сегмент. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 310-319

8	Глобальна система навігації та визначення місцеположення. Управляючий сегмент NAVSTAR. Використання GPS для передачі сигналів точного часу і частоти. <i>Рекомендована література:</i> [1], с. 310-319
9	МКР-2 “Архітектури мереж синхронізації.”

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Вивчення дисципліни включає наступні види самостійної роботи:

- підготовка до лекційних та практичних занять, виконання домашніх завдань;
- підготовка до іспиту.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування задач на практичних заняттях та при виконанні домашніх робіт.

Студенту рекомендується вести докладний конспект лекцій. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять, підготовку до МКР та іспиту.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) (очна\дистанційна форма)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навч. час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні	СРС	МКР	ДКР	Семестр. атест. екзамен
1	5	150	36	18	96	1	-	

На першому занятті здобувачі ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2022.pdf

Поточний контроль: фронтальний (усний, письмовий), МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу, результати якого відображаються в системі Електронний кампус <https://campus.kpi.ua>.

Рейтингова система оцінювання (PCO) включає всі види тестування: контрольні роботи. Кожний студент отримує свій підсумковий рейтинг з дисципліни.

PCO з дисципліни складається з двох складових: стартової – призначена для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру та екзаменаційної – призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені.

Розмір стартової складової PCO дорівнює 50 балів, екзаменаційної складової – 50 балів.

Стартові бали формуються як сума рейтингових балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, які він отримує за:

- відповіді на практичних заняттях;
 - написання модульної контрольної роботи;
- а також заохочувальних та штрафних балів.

Після оцінювання відповідей здобувача на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) викладач підсумовує стартові бали та бали за екзамен, зводить до рейтингової оцінки та переводить до оцінок за університетською шкалою.

Відповіді під час практичних занять

Ваговий бал 5

- якщо задача повністю розв'язана, то здобувач отримує максимальну кількість запланованих балів;
- якщо відповідь правильна, але у розв'язку є неточності, то здобувач отримує 0,5 запланованих балів;
- якщо незадовільна відповідь, метод розв'язування задачі неправильний – 0 балів

Максимальний бал $30 = 5 \times 6$.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин

Ваговий бал кожної частини 10

МКР-1 «Аспекти синхронізації мереж СЦІ»

МКР-2 «Архітектури мереж синхронізації.»

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі завдання (більше 90% матеріалу) 9 – 10 балів;
- неповна відповідь на завдання (від 50 до 90% матеріалу) 5 – 8 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації 0 – 4 бали. Відсутність на контрольній роботі – 0 балів.

Максимальний бал $10 \times 2 = 20$

Форма семестрового контролю – усний екзамен

Ваговий бал кожного усного питання 20, практичного завдання 10

На екзамені студенти усно відповідають на питання екзаменаційного білета.

Білет складається з 2-х теоретичних питань та 1-го практичного завдання.

Критерії оцінювання усних питань

- «відмінно»: повна відповідь на всі усні питання (не менше 90% потрібної інформації; повне, безпомилкове розв'язування завдань) 18 – 20 балів;
- «добре»: достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або є незначні неточності 15 – 17 балів;

- «задовільно»: неповна відповідь на завдання (не менше 60%) та є помилки і певні недоліки 12 – 14 балів;

- «незадовільно»: відповідь не відповідає умовам до «задовільно» (незадовільна відповідь, неправильний метод розв'язування) 0 – 11 бали.

Критерії оцінювання практичного завдання

- «відмінно»: повна відповідь на всі усні питання (не менше 90% потрібної інформації; повне, безпомилкове розв'язування завдань) 9 – 10 балів;

- «добре»: достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або є незначні неточності 7 – 8 балів;

- «задовільно»: неповна відповідь на завдання (не менше 60%) та є помилки і певні недоліки 5 – 6 балів;

- «незадовільно»: відповідь не відповідає умовам до «задовільно» (незадовільна відповідь, неправильний метод розв'язування) 0 – 4 бали.

Максимальний бал $20 \times 2 + 10 = 50$

Розмір стартової шкали $R_C = 50$ балів. Розмір екзаменаційної шкали $R_E = 50$ бали.

Розмір шкали рейтингу $R = R_C + R_E = 100$ балів.

Умови позитивної проміжної атестації.

Для отримання “зараховано” з першої (8 тиждень) та другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен мати не менше ніж 50% можливих балів на момент проведення календарного контролю.

Перескладання позитивної підсумкової семестрової атестації з метою її підвищення не допускається.

Студент допускається до екзамену, якщо його рейтинг семестру не менший 30 балів, при цьому він повинен мати зараховані модульні контрольні роботи та ДКР (виконано не менше, ніж на 60%). Студенти, які в кінці навчального семестру мають стартовий рейтинг $R_C < 20$ балів до екзамену не допускаються і повинні виконати додаткові завдання до першого перескладання. Студенти з рейтингом $20 < R_C < 30$ мають можливість добрати бали до допусків, шляхом виконання допусків контрольної роботи на останньому тижні навчального семестру.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компоненту)

У випадку дистанційної форми навчання у PCO відбуваються наступні зміни:

- Контрольні заходи проводяться дистанційно із застосуванням електронної пошти, Telegram, Zoom та освітньої платформи Moodle, зокрема у вигляді тестових контрольних робіт.
- Максимальну суму вагових балів контрольних заходів протягом семестру R_C встановлюється на рівні 50 балів.
- Допусковий бал до екзамену R_D встановлюється на рівні 30 балів.
- Сума балів R_I , набрана студентом протягом семестру згідно затвердженого PCO, повідомляється на останньому практичному занятті.
- Підтвердження виконання студентом вимог поточного контролю та умов допуску до екзамену повинно бути відображено в Електронному кампусі.
- У разі не отримання студентом допускового балу, йому надається можливість підвищити

R_I шляхом проведення додаткових контрольних заходів до допускового з відповідним відображенням результатів в Електронному кампусі.

- Рівень набуття передбачених навчальною програмою компетентностей визначається на підставі проведених заходів поточного контролю, а також виконання студентом умов допуску до екзамену відповідно до затвердженого РСО.
- Екзаменаційна оцінка може бути виставлена «автоматом» за формулою шляхом перерахунку стартових балів за 100-бальною шкалою:

$$R = 50 + \frac{50(R_I - R_D)}{R_C - R_D}.$$

Переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

Доцентом кафедри ІТТ, канд. техн. наук, доцентом Правило В.В.

Ухвалено кафедрою ІТТ (протокол № 14 від 27.05.2026 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІТС (протокол № 7 від 18.06.2026 р.)