**Український державний університет залізничного транспорту**

**Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів»**

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Протокол засідання кафедри
автоматики та комп'ютерного
телекерування рухом поїздів
протокол № 8 від «28» 06_2023 р.

# СИЛАБУС

## «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ»

Семестр та рік навчання
**За освітною програмою:** автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (АКіТ) – 1 семестр 4 року навчання (повної форми)
**Освітній рівень** перший (бакалавр)
**Галузь знань**
15 Автоматизація та приладобудування
**Шифр та назва спеціальностей:**
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**Лекції, практичні заняття згідно розкладу http://rasp.kart.edu.ua**

**Команда викладачів:**

| |
|---|
| Лектор та керівник практичних занять:<br>Кустов Віктор Федорович (кандидат технічних наук, доцент),<br>Контакти: +38 (050) 3010-790 (вайбер, тлг), e-mail: kustov.vf@kart.edu.ua |
| Години прийому та консультації: відповідно до графіку індивідуальних консультацій, що розміщений на інформаційному стенді кафедри або у МУДЛі<br>Розміщення кафедри: місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 1 корпус, 2 поверх, 222 аудиторія. |
| **Веб-сторінки курсу:**<br>Веб сторінка курсу: http://do.kart.edu.ua/<br>Додаткові інформаційні матеріали: http://metod.kart.edu.ua |

## 1. Предмет дисципліни

**Предметом дисципліни** Предметом дисципліни «Електромагнітна сумісність електронних систем» (ЕМС ЕС) є методи та засоби забезпечення необхідного рівня завадодостійкості та випромінювання пристроїв та систем автоматики. Об'єктом дисципліни є показники електромагнітної сумісності та чинники, що впливають на них.

**Міждисциплінарні зв'язки.** Курс ЕМС ЕС базується на знаннях, які отримані студентами під час вивчення наступних дисциплін: "Фізика", "Електротехніка та електричні машини», "Електроніка та мікросхемотехніка", "Теорія автоматичного керування", «Основи теорії надійності та побудови безпечних систем».

**Курс ЕМС ЕС складається з лекцій та практичних занять (загальний обсяг – 6 кредитів (180 годин).**

Дисципліна ЕМС ЕС дозволяє формувати такі компетенції студента:

- інтегральну компетентність;
- загальні компетентності (ЗК);
- спільні спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК);
- програмні результатами навчання (РН).

Крім цього, дозволяє формувати додаткові компетенції студента:

1.Ціннісно-смислову компетентність - формування та розширення світогляду студента в області стандартизації та сертифікації продукції.

2.Загальнокультурну компетентність - розуміння історичних та регіональних особливостей, що склалися в Україні та за її межами у галузі залізничної автоматики та телемеханіки.

3.Навчально-пізнавальну компетентність - формування у студента зацікавленості про стан та перспективи розвитку в області сучасних спеціальних вимірювальних засобів, оволодіння вимірювальними навичками; здатності студента формувати цілі дослідження з метою їх досягнення, вміння знаходити рішення у нестандартних ситуаціях в контексті розробки та експлуатації пристроїв та систем залізничного транспорту України.

4.Інформаційну компетентність - розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору методів та приладів спеціальних вимірювань в пристроях залізничної автоматики за допомогою сучасних інформаційних технологій.

5.Комунікативну компетентність - розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів в області проектування сучасних спеціальних вимірювальних засобів, вміння презентувати власні засоби та методи їх використання та кваліфіковано вести дискусію у досліджуваній сфері.

6.Компетентність особистісного самовдосконалення - елементи фізичного, духовного й інтелектуального саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки; підтримка постійної жаги до самовдосконалення та самопізнання, шляхом постійного пошуку нетрадиційних підходів до проблеми вдосконалення спеціальних вимірювальних засобів.

## 2.Чому Ви маєте обрати цей курс?

Системи автоматики у різних галузях промисловості та транспорту базуються на сучасних електронних елементах з використанням мікропроцесорних та комп'ютерних технологій, але за рахунок їх дуже великої чутливості до електромагнітних завад можуть призводити до порушення їх надійної та безпечної роботи, внаслідок чого можуть бути нанесені великі збитки. На залізничному транспорті такі завади можуть призводити як до затримок поїздів, так і до аварій і катастроф.

Дуже важливо розробити сучасні системи керування та контролю, але якщо не забезпечувати їх завадостійкість, надійність та безпеку, це може призвести до загибелі людей та недопустимого впливу на довкілля.

Для ефективного регулювання якості продукції, її надійності та безпеки у світі розробляють та використовують стандарти. Особливо це важливо для систем керування відповідальними процесами, у тому числі для систем забезпечення руху поїздів.

На жаль можна навести деякі приклади неякісних робіт із забезпечення електромагнітної сумісності систем у різних галузях промисловості та транспорту, які призвели до великих збитків і навіть до загибелі людей.

## 1 Залізничний транспорт

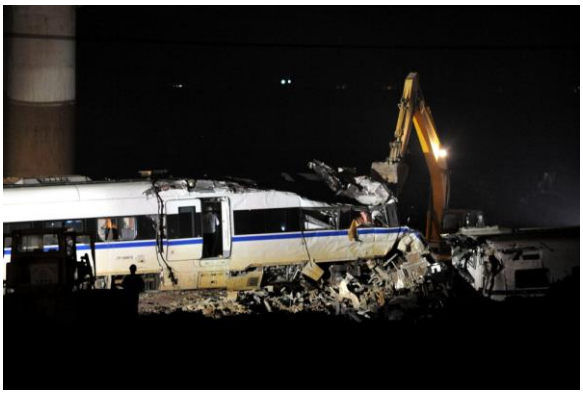
### 1.1.Зіткнення двох високошвидкісних поїздів у провінції Вэньчжоу, Китай, 2011 р.

Це перша залізнична катастрофа високошвидкісних поїздів у Китаї.

Причина - хибний сигнал від електронних пристроїв контролю вільності колійних дільниць, на яких був поїзд, внаслідок впливу потужних електромагнітних завад (грозових перенапружень) та не вмикання необхідного заборонного сигналу світлофора, через що в нього врізався другий поїзд.

Загинуло 40 осіб, 192 було поранено, 12 з них тяжко.

Це доже вплинуло на довіру людей до високошвидкісного руху, внаслідок цього будівництво його тимчасово було припинено. Також суттєво зменшили швидкість руху високошвидкісних поїздів.



Вплив електромагнітних завад довкілля, на функційну та інформаційну безпечність систем автоматики, безвідмовність та безперебійність руху поїздів – приклади і наслідки від дії електромагнітних завад.

**1.2.Харківський метрополітен** – хибна вільність рейкових кіл внаслідок електромагнітних завад від електрорухомого складу (поїздів метрополітену). Тільки за рахунок своєчасного виявлення цього факту диспетчером (за допомогою системи диспетчерського контролю) не сталося можливої аварії;

**1.3.Алчевський металургійний комбінат** - грозове перенапруження призвело до виходу з ладу мікропроцесорної системи ЕЦ на ст. Західна (вхідна станція комбінату). Більшість мікропроцесорного обладнання вигоріло, частково і внаслідок наступного виникнення пожежі у шафах керування, яка була спричинена потужним електромагнітним впливом в умовах відсутності необхідних засобів захисту від завад;

### 1.4. Залізнична станція «Шосейна» (біля м. Санкт-Петербург)

Перша у Радянському Союзі розроблена система мікропроцесорного керування стрілками та сигналами (МПЦ) – за день до відвантаження обладнання згідно наказу ЦШ для монтажу на залізниці виконали її випробовування на завадостійкість, які довели що безпечність її функціонування неприпустима (на стенді усі стрілки почали переводитися несанкціоновано одночасно з роботою імітатора завад, який складався з двох найбільш розповсюджених електромагнітних реле залізничної автоматики, які працювали у режимі пульс-пари). Внаслідок цього необхідна була повна переробка системи та її введення в експлуатацію тільки через 5 років замість призначеного планового пуску.

**2.Авіація**

**2.1.Катастрофа літака SSJ-100 в аеропорту "Шереметьево" м. Москва, травень 2019р.**

Причина – відмова електроніки та радіозв'язку із-за блискавки. Літак здійснив посадку з повними баками палива внаслідок втрати радіозв'язку та загорівся при посадці.

Загинула 41 особа.

**2.2. Авіаційна подія на літаку А-330 у жовтні 2008 р., Австралія**

Причина – не тільки збій обладнання, але й помилка у алгоритмі обробки даних.
З великим и складнощами командиру вдалося посадити літак на резервному аеродромі.
119 осіб – поранення, 12 з них тяжкі.

4.**Системи електропостачання**

**4.1.Найбільша аварія у світі в системі електропостачання.**

У 2003 р. у США внаслідок несанкціонованого спрацювання релейного захисту та відмов у комп'.ютерній системі були ***вимкнені 263 електростанції, у тому числі 10 АЕС у США та Канаді***. Без электропостачання залишились ***55 млн. осіб*** на значній території США та Канади.

Офіційно матеріальний збиток від цього склав 6 млрд. доларів.

**4.2. Запорізька АЕС, система внутрішньореакторного контролю СВРК**

Внаслідок завад спотворювалась інформація у системі контролю за роботою ядерного реактора (біля 2 тис. об'єктів контролю), внаслідок чого оператор не мав необхідної інформації для роботи і був зобов'язаний за протоколом суттєво зменшувати потужність енергоблоку АЕС.

Після проведення комплексу робіт з вимірювання параметрів завад, розроблення пристроїв захисту від них та проведення необхідних випробовувань з використанням імітаторів завад усі енергоблоки почали працювати без збоїв.

**Висновок.**

**Ці приклади наочно вказують на необхідність вивчення курсу (ЕМС ЕС) та використання його для інженерної діяльності.**

**3.Огляд курсу**

**3.1 Мета та завдання навчальної дисципліни**

Основною метою курсу є підготовка магістрів для творчої участі в дослідженнях, розробці, проектуванні, будівництві та експлуатації ЕМС ЕС з урахуванням параметрів електромагнітних завад.

Після освоєння курсу магістр повинний:

***Знати:***

– вимоги національних стандартів, нормативних документів та галузевих інструкцій, щодо завадостійкості і функціонування пристроїв і систем автоматики (СА);

– принципи нормування, допуску та забезпечення безпеки функціонування експлуатованих і перспективних СА, у тому числі комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;

– особливості використання випробувальної та вимірювальної техніки при дослідженні якості продукції, її сертифікації за основними показниками призначення;

– перспективні методи забезпечення завадостійкості СА;

особливості проектування СА з урахуванням існуючих електромагнітних завад.

***Уміти***:

– раціонально обирати основні показники призначення та відповідні нормативи завадостійкості СА та їх функціональних вузлів;

– знати кількісні та якісні вимоги до завадостійкості СА, методи їх випробовування, підвищення надійності та безпеки функціонування;

- організовувати сертифікаційні випробовування згідно основних показники завадостійкості СА;

– раціонально обирати технічні засоби для проведення сертифікаційних випробовувань СА згідно національних нормативних документів

– розробляти та проектувати СА, у тому числі з використанням мікропроцесорної техніки, з урахуванням реальної електромагнітної обстановки в місцях експлуатації СА.

***Мати уявлення:***

– про шляхи удосконалення вимог щодо основних показників завадостійкості СА;

– перспективи розвитку систем стандартизації та сертифікації продукції та послуг;

- про нормативні документи, вимоги та методи забезпечення завадостійкості СА.

Найважливішими умовами для впровадження сучасних якісних систем забезпечення руху поїздів на магістральному, промисловому транспорті та метрополітенах (СА) є знання методів забезпечення завадостійкості СА, особливо пристроїв безпосередньо пов'язаних з безпекою руху поїздів. Внаслідок цього дисципліна курсу ЕМС ЕС має велике значення при підготовці фахівців з розробки, проектування, виготовлення та експлуатації технічних засобів автоматизації залізничного транспорту та інших галузей промисловості.

Дисципліна «ЕМС ЕС» є важливою ланкою у фаховій підготовці магістра. Дисципліна пов'язана з детальнім вивченням і дослідженням питань завадостійкості СА.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться:

- для освітньої програми АКІТ, спеціальності 151 – 180 годин / 6 кредитів ECSTS.

**3.2 Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:**

**Модуль 1**

Основні поняття, терміни та визначення електромагнітної сумісності електронних систем

Вплив електромагнітних завад довкілля, на функційну та інформаційну безпечність систем автоматики, безвідмовність та безперебійність руху поїздів.

Джерела та види електромагнітних завад. Загальна характеристика чинників, які впливають на параметри електромагнітних завад. Причини перенапружень у

електротяговій мережі.Способи та пристрої придушення завад. Визначення електромагнітної обстановки на об'єкті. Класифікація рівней жорсткості електромагнітної обстановки

Шляхи електромагнітних завад проникнення в технічні засоби систем.

Причини перенапружень у рейкових колах, в колах живлення та введення-виведення інформації.

Характеристика пристроїв по чутливості до електромагнітних завад.

Способи та пристрої захисту технічних засобів від потужних електромагнітних завад.

Захист людей, приміщень та обладнання від впливів блискавок та тягового струму.

Способи та пристрої захисту систем автоматики від синусоїдальних та імпульсних електромагнітних завад малої потужності

Теоретичні основи побудови електричних фільтрів для захисту від електромагнітних завад.

Способи та пристрої захисту технічних засобів від динамічних змін напруги живлення, електростатичних розрядів та радіочастотного електромагнітного поля.

Комплексний захист елементів, пристроїв та систем від електромагнітних завад.

**Модуль 2**

Нормування електромагнітної сумісності технічних засобів та систем. Вимоги національних стандартів з ЕМС та функційної безпечності у разі впливів електромагнітних завад.

Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання.

Вимоги регіональних та міжнародних стандартів з ЕМС. Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання.

Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності залізничної автоматики та їх характеристика. Особливості доказу функційної безпечності пристроїв та систем у разі впливів електромагнітних завад.

Випробування систем автоматизації на стійкість до електромагнітних завад. Особливості випробовувань пристроїв та систем залізничної автоматики на стійкість до електромагнітних завад.

Випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем. Нормування параметрів випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем. Випробування систем автоматизації та залізничної автоматики для визначення параметрів випромінювання електромагнітних завад.

Сертифікація електромагнітної сумісності залізничної автоматики. Особливості сертифікації функційної безпечності з урахуванням впливів електромагнітних завад

Шляхи підвищення якості забезпечення електромагнітної сумісності залізничної автоматики та їхня характеристика.

## 4 . РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

**Основна:**

1. Кустов В.Ф. " Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики" . Навчальний посібник. Харків. УкрДАЗТ. 2008 р., 156с.

2. ДСТУ 4151-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробовування. Чинний від 01.01.2004.

3.ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування. Чинний від 01.07.2003.

4. Шваб А. Электромагнитная совместимость : А. Шваб; пер. с нем. / В. Д. Мазина и С. А. Спектор. – Под. ред. И. П. Кужекина. [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 480 с.

5. Э. Хабигер Электромагнитная совместимость. Основы обеспечения её в технике : пер. с нем. Э. Хабигер, И. П. Кужекина ; Под. ред. Б. К. Макимова. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 304 с. 5. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий : учеб. пособие / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 1994. – 360 с.

6. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник для электротехнич., энергетич., приборостроит. спец. вузов, Л. А. Бессонов. – [8-е изд., перераб. и доп.]. – Высш. шк., 1986. – 263 с.

**Додаткова:**

1. Методика доказу функційної безпечності комплексів управління та регулювання рухом поїздв. Київ. Транспорт України, 106с.

2. Шапиро Д. Н. Основы теории электромагнитного экранирования : учеб. пособие / Д. Н. Шапиро. – Л. : – Энергия, 1978. – 275 с.

3. Уайт Д. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Д. Уайт Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств // науч. журнал – Сов. радио, 1979. – Вып 1. – С. 120–125.

4.Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики. Под ред. Сапожникова В.В. М.:Транспорт, 1997.

5. Періодична науково-технічна література.

## 5.ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Теоретичні знання та практичні навички перевіряються:

а) при проведенні поточного контролю – в процесі контрольного опитування та за результатами розв'язання тестових завдань на практичних заняттях; при перевірках розв'язань задач, які були задані на самостійну роботу;

б) при проведенні проміжного контролю – за підсумками модульного тестування на ПЕОМ;

в) підсумкові – на заліку за дисципліною.

**Засоби діагностики успішності навчання**

Підсумкові результати навчання оформляють за результатами поточного та тестового контролю упродовж семестру згідно положенню про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ

## 6 ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1 Розподіл лекцій на модулі, змістові модулі

**Тема 1. Основні поняття, терміни та визначення електромагнітної сумісності електронних систем.**

Вступ. Роль електронних систем автоматизації та особливості їх роботи в реадьних умовах.Предмет та зміст дисципліни, зв’язок з другими дисциплінами. Основні поняття, терміни та визначення електромагнітної сумісності електронних систем (ЕМС ЕС). Вплив електромагнітних завад довкілля, на функційну та інформаційну безпечність систем автоматики, безвідмовність та безперебійність руху поїздів.

**Тема 2. Джерела та види електромагнітних завад.**

Основні причини виникнення електромагнітних завад на об’єктах автоматизації, види електромагнітних завад та їх джерела. Загальна характеристика чинників, які впливають на параметри електромагнітних завад. Причини перенапружень у електротяговій мережі.Способи та пристрої придушення завад.Визначення електромагнітної обстановки на об’єкті. Класифікація рівней жорсткості електромагнітної обстановки

**Тема 3. Шляхи проникнення електромагнітних завад в технічні засоби систем.**

Кондуктивні завади та завади радіоелектронного випромінювання. Симетричні та несиметричні завади. Особливості проникнення через кола первинного та вторинного живлення, введення-виведення інформації та заземлення, а також черех\з корпуси приладів та шаф керування.

Причини перенапружень у рейкових колах, в колах живлення та введення-виведення інформації.

**Тема 4. Способи та пристрої захисту технічних засобів від потужних електромагнітних завад.**

Характеристика елементів та пристроїв по чутливості до електромагнітних завад. Причини збоїв та теплового пробою електронних елементів та пристроїв у разі дії потужних завад.

Основні способи та пристрої захисту від потужних електромагнітних завад. Особливості наведення симетричних та несиметричних завад та захисту від них. Обмежувачі напруги, струму та потужності. Розрядники, варистори, сапресори, стабілітрони як елементи захисту. Особливості їхнього вибору та використання.

Захист людей, приміщень та обладнання від впливів блискавок та тягового струму.

**Тема 5. Способи та пристрої захисту систем автоматики від синусоїдальних та імпульсних електромагнітних завад малої потужності**

Просторове розділення джерел завад та чутливих до завад елементів електронних систем. Просторове розділення електричних кіл, що несуть електромагнітні завади та електричних кіл, які приймають їх та передають до чутливих к завадам електронним елементам. Особливості захисту від симетричних та несиметричних завад

Екранування корпусів приладів, кабелів та електричних кіл. Заземлення корпусів приладів та шаф керування, а також екранів кабелів та інших електричних кіл. Чинники, що впливають на якість контурів заземлення. Металлізація корпусів пристроїв та приладів в шафах керування та контролю.

Часова селекція сигналів та електромагнітних завад.Часові селектори на базі транзисторів, мікросхем та RC-фільтрів.

Гальванічна роз’язка електричних кіл як способ захисту від завад. Трансформаторна, оптронна та релейна гальванічна роз’язка, способи покращення її виконання. Зменшення в них паразитної ємності та підвищення напруги пробою.

Використання витих пар для захисту від симетричних завад.

Програмний захист від імпульсних завад, перезапуск роботи пристроїв, обмеження кількості перезапусків для забезпечення функційної безпечності.

**Тема 6. Теоретичні основи побудови електричних фільтрів для захисту від електромагнітних завад.**

Частотна селекція сигналів та електромагнітних завад. Електрічні фільтри. Найпростіші RC-фільтри. Розрахунок RLC-фільтрів. Особливості визначення кількості нулів та полюсів. Вплив на фільтри опіру магнітопроводів. Особливості опору феррітових осердь та залежність їх від частоти синалів та завад. Способи зменшення продольної паразитної ємності електричних фільтрів.

**Тема 7. Способи та пристрої захисту технічних засобів від динамічних змін напруги живлення, електростатичних розрядів та радіочастотного електромагнітного поля.**

Джерела безперервного живлення, особливості їх використання для захисту електронного обладнання від провалів та короткочасних відключень напруги живлення.

Способи та пристрої захисту від розрядів статичної електрики. Чинники, що впливають на напругу пробою повітря та інших матеріалів. Використання спеціальних ізоляційних матеріалів з підвищенною стійкістю до електричних пробоїв, а також до розрядів статичної електрикию.

Використання способів та пристроїв, які використовуються для захисту від синусоїдальних та імпульсних електромагнітних завад малої потужності, які наведено в темі 5.

**Тема 8. Комплексний захист елементів, пристроїв та систем від електромагнітних завад.**

Використовують комплексно способи та пристрої, які захищають від різних типів завад, але з урахуванням того, що при встановленні пристроїв по одним колам проникнення завад, змінюються шляхи проходження завад в інших місцях. Також використовують комплексно нижчевказані способи та пристрої захисту від завад.

Просторове розділення джерел завад та чутливих до завад елементів електронних систем, екранування корпусів приладів, кабелів та електричних кіл. Заземлення корпусів приладів та шаф керування, а також екранів кабелів та інших електричних кіл. Чинники, що впливають на якість контурів заземлення. Металлізація корпусів пристроїв та приладів в шафах керування та контролю.Часова селекція сигналів та електромагнітних завад.Часові селектори на базі транзисторів, мікросхем та RC-фільтрів.Гальванічна роз'язка електричних кіл як способ захисту від завад. Трансформаторна, оптронна та релейна гальванічна роз'язка, способи покращення її виконання. Зменшення в них паразитної ємності та підвищення напруги пробою.Використання витих пар для захисту від симетричних завад. Програмний захист від імпульсних завад, перезапуск роботи пристроїв, обмеження кількості перезапусків для забезпечення функційної безпечності.

**Модуль 2**

**Тема 9. Нормування електромагнітної сумісності технічних засобів та систем**.

Вимоги національних стандартів з ЕМС та функційної безпечності у разі впливів електромагнітних завад.

Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання.

**Тема 10. Вимоги регіональних та міжнародних стандартів з ЕМС.**

Вимоги європейських та міжнародних стандартів з ЕМС та функційної безпечності у разі впливів електромагнітних завад.

Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання.

**Тема 11. Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності електронних систем.**

Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності електронних систем промислової автоматизації..

Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності електронних систем в критичних галузях промисловості, де можливі великі наслідки збитків від дії завад.

Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності електронних систем залізничної автоматики та їх характеристика. Особливості доказу функційної безпечності пристроїв та систем у разі впливів електромагнітних завад.

**Тема 12. Випробування систем автоматизації на стійкість до електромагнітних завад.**

Особливості випробовувань пристроїв та систем залізничної автоматики на стійкість до імпульсних комутаціних завад малої енергії, потужних електромагнітних завад, розрідів статичної електрики, динамічних змін первинного електроживлення, кондуктивних завад широкого діапазону частот, радіочастотного електромагнітного поля та впливу дії мобільних телефонів. Особливості врахування впливів гармонік живлення, у тому числі гармонік тягового струму.

**Тема 13. Випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем.**

Причини випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем. Способи та пристрої зменшення випромінювання електромагнітних завад.

Нормування параметрів випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем.

Вимоги національних, європейських та міжнародних стандартів щодо регламентації випромінювання електромагнітних завад.

Випробування систем автоматизації та залізничної автоматики для визначення параметрів випромінювання електромагнітних завад.

**Тема 14. Сертифікація електромагнітної сумісності технічних засобів автоматизації**

Сертифікація технічних засобів автоматизації ки на електромагнітну сумісності. Функції сертифікаційних органів та випробувальних центрів. Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання.

Особливості сертифікації електромагнітної сумісності залізничної автоматики та функційної безпечності з урахуванням впливів електромагнітних завад

**Тема 15. Шляхи підвищення якості забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів автоматизації, пристроїв та систем залізничної автоматики**

Тенденції розвитку систем автоматики та систем керування. Шляхи підвищення електромагнітної сумісності технічних засобів автоматизації та керування руху поїздів на залізничному транспорті.

**6.2 Тематика (зміст) практичних занять.**

| № з/п | Назва теми |
|---|---|
| | **Модуль 1** |
| 1 | Основні поняття, терміни та визначення електромагнітної сумісності електронних систем<br>Вплив електромагнітних завад довкілля, на функційну та інформаційну безпечність систем автоматики, безвідмовність та безперебійність руху поїздів. |
| 2 | Джерела та види електромагнітних завад. Загальна характеристика чинників, які впливають на параметри електромагнітних завад. Причини перенапружень у електротяговій мережі.Способи та пристрої придушення завад. Визначення електромагнітної обстановки на об'єкті. Класифікація рівней жорсткості електромагнітної обстановки |
| 3 | Шляхи електромагнітних завад проникнення в технічні засоби систем.<br>Причини перенапружень у рейкових колах, в колах живлення та введення-виведення інформації. |
| 4 | Характеристика пристроїв по чутливості до електромагнітних завад.<br>Способи та пристрої захисту технічних засобів від потужних електромагнітних завад.<br>Захист людей, приміщень та обладнання від впливів блискавок та тягового струму. |
| 5 | Способи та пристрої захисту систем автоматики від синусоїдальних та імпульсних електромагнітних завад малої потужності |
| 6 | Теоретичні основи побудови електричних фільтрів для захисту від електромагнітних завад. |
| 7 | Способи та пристрої захисту технічних засобів від динамічних змін напруги живлення, електростатичних розрядів та радіочастотного електромагнітного поля. |
| 8 | Комплексний захист елементів, пристроїв та систем від електромагнітних завад. |
| | **Модуль 2** |
| 9 | Нормування електромагнітної сумісності технічних засобів та систем. Вимоги національних стандартів з ЕМС та функційної безпечності у разі впливів електромагнітних завад.<br>Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального |

| | |
|---|---|
| | обладнання. |
| 10 | Вимоги регіональних та міжнародних стандартів з ЕМС. Характеристика нормативної бази, методів випробувань та випробувального обладнання. |
| 11 | Етапи та особливості забезпечення електромагнітної сумісності залізничної автоматики та їх характеристика. Особливості доказу функційної безпечності пристроїв та систем у разі впливів електромагнітних завад. |
| 12 | Випробування систем автоматизації на стійкість до електромагнітних завад. Особливості випробовувань пристроїв та систем залізничної автоматики на стійкість до електромагнітних завад. |
| 13 | Випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем. Нормування параметрів випромінювання електромагнітних завад від технічних засобів та систем. Випробування систем автоматизації та залізничної автоматики для визначення параметрів випромінювання електромагнітних завад. |
| 14 | Сертифікація електромагнітної сумісності залізничної автоматики. Особливості сертифікації функційної безпечності з урахуванням впливів електромагнітних завад |
| 15 | Шляхи підвищення якості забезпечення електромагнітної сумісності залізничної автоматики та їхня характеристика. |

**6.3 Самостійна робота**

Під час самостійної роботи засвоюються та поглиблюються знання дисципліни шляхом вивчення матеріалу з рекомендованої літератури.

Навчальне навантаження на студента, що відведене на самостійну та індивідуальну роботу, складає:

– для денної повної форми навчання 75 годин;

– для заочної повної форми навчання 106 години.

**8. ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

Теоретичні знання та практичні навички перевіряються:

а) при проведенні поточного контролю – в процесі контрольного опитування та за результатами розв'язання тестових завдань на практичних заняттях; при перевірках розв'язань задач, яки були задані на самостійну роботу;

б) при проведенні модульного контролю − по результатах виконання тестових контрольних завдань на ПЕОМ;

в) підсумково – на заліку за дисципліною.

При оцінюванні результатів навчання керуватися Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ (https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/pologennya-pro-kontrol-ta-ocinuvannya-2015.pdf) та змінами до нього (https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/zmin_kon_oc.pdf).

Згідно з Положенням використовується 100-бальна шкала оцінювання.

У складовій *"Самостійна робота"* оцінюється рівень засвоєння студентом розділів і питань курсу, які визначені для самостійного вивчення. Оцінювання проводиться шляхом тестування на ПЕОМ та усного опитування студентів під час проведення практичних занять.

*Поточне тестування* оцінює рівень засвоєння матеріалу, який входять до складу відповідного модуля.

Формування оцінки за кожний модуль у складі залікового кредиту за 100-бальною шкалою здійснюється відповідно до виразу

$$ОМ = ОПР + ОТ,$$

де ОПР - – сума балів за оцінку на практичних заняттях;

ОТ – сума балів за модульний тестовий контроль на ПЕОМ.

Бали нараховуються:

- **по 1-му та 2-му модулю** (поточна успішність – 60 балів, тестовий контроль у MOODLe– 40 балів):

| | Сума балів по 1 та 2 модулю | Макс. значення |
|---|---|---|
| ОПР | - за кожну відмінну, добру та задовільну оцінку на практичних заняттях | 60 |
| ОТ | - за модульний тестовий контроль на ПЕОМ . | 40 |
| | Разом | 100 |

До перелічених складових модульної оцінки можуть нараховуватися додаткові бали за участь студента у науковій роботі, підготовці публікацій, робіт на наукові студентські конкурси, участь в студентських олімпіадах, активність на заняттях та консультаціях.

Позитивна підсумкова оцінка може бути виставлена, якщо студенти повністю виконали навчальну програму, тобто вивчили теоретичну частину курсу.

Підсумкова оцінка визначається, як середньоарифметична оцінок двох модулів залікового кредиту.

Отримана таким чином сума балів доводиться до відома студентів після проведення модульного контролю. З його урахуванням відповідна оцінка модуля проставляється у заліково-екзаменаційну відомість.

Екзаменаційна оцінка визначається, як середньоарифметична оцінок двох модулів залікового кредиту. якщо вона складає менше 60 балів або у разі незгоди студента з отриманою сумою балів її можна покращити у період сесії.

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до державної шкали та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

| Визначення назви за державною шкалою(оцінка) | Визначення назви за шкалою ECTS | За 100 бальною шкалою | ECTS оцінка |
|---|---|---|---|
| **ЗАРАХОВАНО** | **Зараховано** – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок | 90-100 | A |
| **ЗАРАХОВАНО** | **Зараховано** – вище середнього рівня з кількома помилками | 82-89 | B |
| | **Зараховано** – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок | 75-81 | C |
| **ЗАРАХОВАНО** | **Зараховано** - непогано, але зі значною кількістю недоліків | 69-74 | D |
| | **Зараховано** – виконання задовольняє мінімальні критерії | 60-68 | E |
| **НЕЗАРАХОВАНО** | **Незараховано**– потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля) | 35-59 | FX |
| | **Незараховано** - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля) | <35 | F |

Кількість балів, отримана за результатами поточного навчання, дає студенту можливість для підвищення оцінки на екзамені на один ступінь за державною шкалою:

- з “добре” (82-89 балів) на “відмінно” (90-100 балів);
- з “задовільно” (69-74 бали) на “добре” (75-89 балів);
- з “незадовільно” (35-59 балів) на “задовільно” (60-74 балів).

## 6 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

### 6.1 Бібліотеки та медіатеки

1.НТБ УкрДУЗТ (Харків, пл. Феєрбаха, 7).
2.Медіатека УкрУЗТ (Харків, пл. Феєрбаха, 7).
3.ХДНБ ім. В.Г. Короленка (Харків, пров. Короленка 18).
4.Харківський ЦНТЕІ (Харків, просп. Гагаріна, 4).

**6.2 Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

1.https://do.kart.edu.ua/

2.http://metod.kart.edu.ua/

**Команда викладачів:**

**Кустов Віктор Федорович** - лектор по курсу «Електромагнітна сумісність електронних систем». Отримав ступінь к.т.н. за спеціальністю 05.22.20- «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» у 1987 році, доцент з – 1994 року.

Тема дисертації - «Методи та засоби випробувань на завадостійкість цифрових пристроїв залізничної автоматики».

Член-кореспондент Транспортної академії України (ТАУ).

Напрямки наукової діяльності:

1.Розроблення та впровадження мікропроцесорних систем та пристроїв залізничної автоматики (керівник проектів з впровадження більш ніж 100 новітніх систем та пристроїв СЦБ, у тому числі релейно-мікропроцесорних та мікропроцесорних систем керування стрілками та сигналами, електронних систем контролю вільності колійних дільниць на станціях та перегонах на базі підрахунку осей рухомого складу, мікропроцесорних систем переїзної сигналізації та диспетчерського контролю за рухом поїздів, а також мікропроцесорної системи напівавтоматичного блокування на базі радіоканалу.

2.Дослідження надійності та безпечності систем залізничної автоматики.

Автор основних нормативних документів галузі, у тому числі національних стандартів з надійності та функційної безпечності ДСТУ 4178, електромагнітної сумісності ДСТУ 4151, галузевої «Методики доказу функційної безпечності мікроелектронних комплексів систем керування та регулювання руху поїздів», 3-х міжнародних документів – Пам'яток Організації співробітництва залізниць (з надійності та електромагнітної сумісності систем залізничної автоматики), які затверджені експертами Комісії по СЦБ цієї організації.

**Кодекс академічної доброчесності**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним.

Кодекс доступний на сайті університету за посиланням:

https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/06/kodex.pdf

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на тестах і заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

**Інтеграція студентів із обмеженими можливостями**

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: http://do.kart.edu.ua/