

Міністерство транспорту та зв'язку України  
Державний економіко-технологічний університет транспорту  
Кафедра «Тяговий рухомий склад залізниць»



## **ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
Дисципліна: «Електрообладнання електровозів»  
Для студентів спеціальності 7.10050  
«Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту»  
Спеціалізація  
«Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів»  
безвідривної форми навчання

Київ 2010

**Данилевський В.І.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електрообладнання електровозів» для студентів спеціальності 7.10050 «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту». – К.: ДЕТУТ, 2010. – 20 с.

У методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни «Електрообладнання електровозів» проводяться дослідження електрообладнання електровозів з метою придбання навиків студентами з проведення його досліджень. Як відомо, всі складові електричного обладнання працюють на задоволення вимог з безпечної експлуатації електричних машин, зокрема тягових двигунів. Тому в лабораторних роботах студенти можуть провести дослідження характеристик двигунів постійного струму з послідовним збудженням і однофазних трансформаторів, що дасть змогу краще засвоїти теорію роботи їх будову і конструювання; побудову експлуатаційних характеристик і проведення розрахунків основних параметрів. Розглянуті основні властивості електромагнітних й електроізоляційних матеріалів, які застосовуються в електромашинобудуванні; теоретичні засади втрат і коефіцієнти корисної дії, а також практичне застосування їх на практиці. Метою проведення лабораторних робіт є закріплення теоретичного матеріалу, викладеного на лекційних заняттях шляхом проведення дослідження електричних машин і трансформаторів в електротехнічній лабораторії кафедри «Тяговий рухомий склад».

Призначені для студентів Університету усіх форм навчання по спеціальності «Електрообладнання електровозів».

Розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Тяговий рухомий склад» (протокол № 6 від 25.01.2010) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 7 від 18.02.2010).

*Укладач:* В. І. Данилевський, кандидат технічних наук, доцент.

*Рецензенти:* О. Ю. Слепухін, кафедра ТРС ЗТ ДЕТУТ;

В. Г. Чистяк, кандидат технічних наук, заступник головного інженера Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці.

## Зміст

Вступ .....	4
Основні положення .....	5
1. Організація і порядок проведення лабораторних робіт .....	5
2. Техніка безпеки при проведенні лабораторних робіт .....	5
3. Загальні вказівки щодо виконання лабораторних робіт .....	6
4. Опрацювання результатів дослідження .....	9
5. Перелік лабораторних робіт .....	10
<i>Лабораторна робота № 1.</i> Дослідження двигунів постійного струму з послідовним збудженням .....	10
<i>Лабораторна робота № 2.</i> Дослідження однофазного трансформатора .....	14
Список навчально-методичних матеріалів .....	19

## Вступ

Електровози – це транспортний засіб, який приводиться в рух за допомогою тягових електричних двигунів, що отримують живлення від контактної мережі постійного струму напругою 3000 В і змінного 25000 В. Живлення тягових двигунів забезпечує електричне обладнання, яке ділиться на високовольтне і низьковольтне. Обладнання з'єднане між собою за допомогою електричних проводів, які утворюють електричні схеми. Електричні схеми складаються із ланцюгів, які залежно від напруги і функцій, які вони виконують, поділяються на ланцюги високої напруги, силові ланцюги, ланцюги управління і ланцюги локомотивної сигналізації. У методичних вказівках розглядається методика дослідження двигунів і трансформаторів.

Електричний двигун призначений для перетворення електричної енергії в механічну.

**Трансформатор – статичний пристрій, що має дві або більше обмоток і призначений для перетворення через електромагнітну індукцію однієї чи декількох систем змінної напруги (струму) в одну чи декілька систем змінної напруги (струму), як правило, з іншими значеннями за тієї самої частоти з метою пересилання електричної потужності.** Зауважимо, що трансформатор – це електрична машина, оскільки його робота не пов'язана з перетворенням електричної енергії в механічну і навпаки; він перетворює лише напругу електричної енергії. Але електричним машинам та трансформаторам властива єдина природа електромагнітних та енергетичних процесів, які виникають при взаємодії магнітного поля та провідника зі струмом.

Завданням курсу «Електрообладнання електроозів» є вивчення будови, принципу дії, властивостей та методів розрахунків різних видів електрообладнання.

Лабораторні роботи з курсу «Електрообладнання електроозів» знайомлять студентів з будовою електричних машин і трансформаторів, дозволяють експериментально перевірити основні положення теорії, набути навиків зі складання електричних схем, що включають в себе електричні машини, трансформатори, пускорегулюючу апаратуру, вимірювальні пристрої. Особиста участь в експериментах виробляє у студентів практичні навички за методикою проведення дослідів і обробці їхніх результатів. За отриманими результатами лабораторного дослідження студенти повинні навчитися оцінювати властивості електричних машин, трансформаторів.

Проведення лабораторних робіт дає можливість студентам самостійно дослідити електричні машини і трансформатори безпосередньо на стендах електротехнічної лабораторії кафедри «Тяговий рухомий склад», провести відповідні розрахунки і побудувати експлуатаційні характеристики, а також дослідити властивості матеріалів, які застосовують при їх будівництві та ремонті.

## **2. Основні положення проведення лабораторних робіт**

### ***1. Організація та порядок проведення лабораторних робіт***

Попередня підготовка студентів до кожної лабораторної роботи і розуміння її мети й змісту – найважливіша умова. Тому перед тим, як приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен старанно вивчити зміст роботи і порядок її виконання; повторити теоретичний матеріал, пов'язаний із виконанням даної роботи; підготувати таблиці з необхідною кількістю граф для занесення результатів спостережень і обчислень. Студент повинен мати окремий робочий зошит для записів матеріалів з виконуваних робіт, необхідних для упорядкування звіту про пророблену роботу. Лабораторні роботи виконуються бригадами студентів, зазвичай 3-5 осіб. Така кількість студентів у бригаді визначається необхідністю одночасного зняття великої кількості показань вимірювальних приладів і регулюванням декількох параметрів досліджуваного об'єкта. У процесі роботи кожний член бригади виконує визначені обов'язки. У подальших роботах обов'язки членів бригади повинні змінюватися так, щоб усі члени бригади набували навиків з різноманітних видів робіт лабораторного дослідження. Лабораторна робота зараховується, якщо звіт містить необхідні схеми, таблиці і графіки, виконані правильно й акуратно, і якщо студент відповів на питання викладача, виявивши знання будови і принципу роботи об'єкта дослідження і розуміння фізичних процесів, що пояснюють отримані по даній роботі результати. Крім того, студент повинен знати призначення всіх елементів схеми і вміти пояснити порядок дій при виконанні будь-якого експерименту в лабораторній роботі.

### ***2. Техніка безпеки під час роботи у лабораторії кафедри «Тяговий рухомий склад»***

Лабораторні стенди в електротехнічних лабораторіях Університету є діючими електроустановками, окремі елементи яких знаходяться під напругою. Тому за певних умов, що виникають через порушення встановлених правил, лабораторні стенди можуть стати джерелом ураження людини електричним струмом та іншими факторами травмування людини.

Становище ускладнюється ще й особливістю монтажу елементів лабораторних стендів, які передбачають максимальний зв'язок учнів з приладами, машинами і пускорегулюючою апаратурою, що створює додаткову небезпеку при виконанні лабораторних робіт.

Тіло людини має електропровідність, а тому при зіткненні з двома неізольованими елементами установки, що знаходяться під напругою (одним із цих елементів може виявитися корпус електричної машини або трансформатора), через тіло людини проходить електричний струм. Досягнувши небезпечних значень, цей струм призводить або до сильних опіків (електрична травма), або до важких уражень нервової, серцевої і дихальної систем організму людини (електричний удар). Наслідки поразки електричним струмом бувають важкими і можуть призвести до смертельного випадку.

Специфіка роботи студентів з електричними машинами складається в тому, що при недотриманні правил техніки безпеки студент піддається не тільки небезпеці ураження електричним струмом, але і небезпеці механічних ударів з боку обертових частин електричних машин і гальмівних пристроїв. Необхідно пам'ятати, що багато елементів схеми лабораторного устаткування, що знаходяться під напругою, доступні для дотику, а обертові частини, хоча і мають звичайні захисні пристрої, усе ж не виключають «захоплення» частин одягу або механічного удару. Тому студенти в лабораторії повинні дотримуватися виняткової обережності і правил техніки безпеки:

1. Студент, знаходячись у лабораторії, повинен бути досить дисциплінованим та уважним: беззаперечно виконувати усі вказівки викладачів і лаборантів, знаходячись безпосередньо біля досліджуваного лабораторного пристрою (стенда).

2. Забороняється підходити до іншого устаткування, розподільчих щитів і пультів та робити на них будь-які дії, не передбачені в порядку проведення лабораторною роботою, а при переміщенні повзунків і ручок пускорегулюючої апаратури, необхідно стежити за тим, щоб рука була в зіткненні тільки з ізолюваною частиною.

3. Одяг студентів не повинен мати вільно звисаючих кінців шарфів, косинок, краваток, а зачіска або головне вбрання повинне виключати можливість «звисання» волосся.

4. Якщо схема містить конденсатори, то після її вимкнення необхідно розрядити конденсатори, замкнувши накоротко їхні виводи спеціальним пристроєм.

5. Під час роботи з лабораторними пристроями, що знаходяться під напругою, студенти повинні стояти на ізоляційних гумових килимках, наявних у кожного лабораторного пристрою.

6. Про всі помічені випадки несправності в роботі устаткування і порушенні правил техніки безпеки кожний студент повинен негайно доповісти викладачу.

7. Якщо відбувся нещасний випадок, лабораторне устаткування необхідно негайно відключити від джерела електроенергії, стислого повітря та інших видів енергії, надати постраждалому першу допомогу і сповістити про це викладача.

Інструктаж з техніки безпеки має бути зафіксований у спеціальному журналі, де кожний студент повинен розписатися перед початком кожної лабораторної роботи.

### ***3. Загальні вказівки щодо виконання лабораторних робіт***

Лабораторні роботи, пов'язані з дослідженням електричних машин, відрізняються великою кількістю різноманітних вимірів як електричних (струм, напруга, потужність), так і неелектричних (момент, частота обертання) величин. Крім того, у ході експериментів виконують різноманітні регулювання і переключення, пов'язані з пуском машини, зміною частоти обертання, навантажувального моменту і т. ін. Тому задана програма лабораторної роботи може бути успішно виконана у відведений для цього час тільки за умови

ретельної підготовки і продуманих дій усіх членів бригади студентів при виконанні роботи. При цьому мається на увазі не тільки проведення експериментів, але й опрацювання отриманих результатів й упорядкування звіту по лабораторній роботі.

Отримавши дозвіл викладача, бригада студентів приступає до виконання лабораторної роботи. Спочатку необхідно ознайомитися і записати в робочий зошит номінальні дані досліджуваного об'єкта (електричних машин, трансформаторів), а потім з'ясувати розташування вимірювальних приладів і пускорегулюючої апаратури, призначених для виконання експерименту. При виборі вимірювальних приладів необхідно керуватися не тільки відповідністю межі виміру приладу найбільшому значенню вимірюваної величини, але і відповідністю системи приладу роду вимірюваних струмів і напруг.

Пускові і регулювальні реостати, необхідні для виконання роботи, розташовані на лабораторному стенді або поблизу нього, тому варто лише встановити призначення кожного з них.

При складанні схеми доцільно дотримуватися такого правила: спочатку виконувати всі з'єднання в послідовному (головному) ланцюзі, тобто з'єднати всі елементи схеми, призначені для послідовного вмикання (амперметрії, послідовні котушки ватметрів, послідовні обмотки збудження машин постійного струму, фазні обмотки статорів машин змінного струму і т. ін.), а потім приєднати елементи схеми послідовного вмикання (вольтметри, паралельні котушки ватметрів, паралельні обмотки збудження машин постійного струму з регулювальними реостатами і т. ін.). Такий прийом дозволяє свідомо підійти до оцінки призначення кожного елемента схеми і тим самим уникнути ряду помилок при складанні схеми, наприклад елемент схеми, призначений для послідовного вмикання, приєднати паралельно і навпаки.

Якщо електрична схема містить у собі велику кількість вимірювальних приладів і регулювальних реостатів, то одночасно зі складанням схеми варто провести маркування вимірювальних приладів і регулювальних реостатів (на паперових або картонних бірках записати позначення елементів схеми і прикріпити до них). Цей захід найбільш доцільний в початковий період роботи студентів у лабораторії електричних машин і електропривода.

При складанні схеми потрібно за можливістю уникати перехрещування проводів і на один затискач приєднувати не більше трьох проводів. Усі з'єднання проводів повинні бути надійними. Варто пам'ятати, що на відшукування порушеного контакту часто потрібно більше часу, ніж на ретельне приєднання проводів.

Після складання схеми перевіряють, при цьому якщо складання схеми виконував один студент, то перевіряти її повинен інший. При перевірці схеми необхідно ручки пускових і регулювальних реостатів поставити в положення, що відповідає пуску машини: ручку пускового реостата в положенні «пуск», а ручки регулювальних реостатів у ланцюзі збудження поставити в положення, що відповідає найбільшому значенню струму збудження у двигунів або найменшому значенню цього струму в генераторів. Якщо в схемі застосований регулювальний автотрансформатор, то його ручку варто поставити в нульове

положення. Слід також перевірити, чи стоять стрілки вимірювальних приладів на нульовому розподілі шкали. При необхідності їхнє положення варто відкорегувати.

Зібрану схему потрібно показати для перевірки викладачу і тільки з його дозволу зробити пробне вмикання лабораторної установки.

При цьому необхідно звернути увагу на показання приладів. У ланцюзі постійного струму при використанні вимірювального приладу магнітоелектричної системи можливе відхилення стрілки вліво від нуля. У цьому випадку потрібно відключити установку та поміняти місцями провідники. При пробному вмиканні установки необхідно також перевірити переміщення ручок регулювальних реостатів, як змінюється регульований параметр машини (напруга на виході генератора або частота обертання двигуна) і чи не виходять стрілки вимірювальних приладів при цьому за межі. Якщо якийсь параметр машини не регулюється або ж прилад зашкалює, потрібно відключити установку і замінити відповідний регулюючий реостат чи прилад, або змінити умови експерименту, наприклад, збільшити діапазон зміни опору в ланцюзі збудження. Якщо ж пробне вмикання показало, що всі елементи схеми працюють нормально, то можна приступити до проведення експерименту.

Зняття показників по усіх вимірювальних приладах слід проводити за можливістю одночасно. Тому між членами бригади повинні бути заздалегідь розподілені обов'язки зі зняття показань вимірювальних приладів і регулювання параметрів машини. Показання приладів знімають за командою студента, що виконує регулювання параметрів машини.

Не можна робити перерви в розпочатій серії спостережень. Якщо з'явилися сумніви в показанні якогось приладу, то необхідно повторити зняття показань по всіх приладах. Показання записують у заздалегідь заготовлених таблицях із необхідною кількістю граф, у точній відповідності з одиницями вимірів, зазначеними на шкалі приладу. Ніяких перерахунків показань на інші одиниці або ж урахування коефіцієнта трансформації вимірювального трансформатора струму під час досліду робити не можна. Наприклад, якщо вимір ведеться вимірювальним приладом із шкалою, яка має широкий діапазон, то в таблицю записують показання в кількості поділок шкали, визначених стрілкою, без множення показання на ціну поділки. Якщо ж цього правила не дотримуватися, то можливість помилки різко зростає, а при виявленні помилки неможливо визначити, коли вона допущена – при знятті показань приладу або при їхньому перерахунку.

Після закінчення експерименту, не розбираючи схеми, виконують усі необхідні розрахунки і на заздалегідь заготовленій координатній сітці відкладають точки майбутніх графіків і з'єднують їх плавною кривою лінією. Потім кожний студент повинен уважно проаналізувати отримані результати експерименту, порівнявши їх із номінальними даними машини або трансформатора та основними положеннями теорії досліджуваного пристрою, а також перевірити реальність отриманих результатів. Наприклад, якщо отримане значення коефіцієнта потужності більше 1 або ж значення ККД більше 100 %,



то це свідчить про явну помилку. Якщо ж результати експерименту не викликають сумнівів, то їх варто пред'явити для перевірки викладачу. Залежно від правильності цих результатів викладач дає вказівку або на повторення експерименту, або на перехід до наступного.

При переході від одного експерименту до іншого даної лабораторної роботи необхідно щоразу пред'являти викладачу для перевірки результати дослідів у вигляді таблиць, розрахунків і графіків.

#### **4. Опрацювання результатів дослідження й оформлення звіту**

Кожний студент повинен самостійно відповісти на будь-яке з контрольних запитань, опрацювати результати виконаних ним дослідів і скласти звіт про пророблену лабораторну роботу.

Цей звіт, крім номера і назви лабораторної роботи, індексу навчальної групи, повинен містити такі відомості:

- перелік електричних машин, трансформаторів, пускорегулюючої апаратури і вимірювальних приладів із вказівкою їх паспортних даних; програму лабораторної роботи; електричні схеми з'єднань;
- таблиці із записом результатів проведених дослідів і виконаних обчислень;
- електричні схеми з'єднань;
- таблиці з записами результатів вимірів і розрахунків;
- розрахункові формули, за якими виконувалися обчислення;
- діаграми і графіки залежностей;
- висновок про пророблену роботу.

Усі схеми, таблиці і графіки, приведені у звіті, повинні мати найменування. При виконанні розрахунків рекомендується користуватися персональними комп'ютерами, а при їхній відсутності – калькуляторами.

Схеми з'єднань і таблиці варто виконувати олівцем за допомогою лінійки з обов'язковим дотриманням вимог державного стандарту на умовні позначення елементів схем і на позначення одиниць виміру.

Особливу увагу необхідно приділити виконанню характеристик і графіків залежностей. Їх варто викреслювати по координатних сітках, бажано на міліметровому папері розміром не менше  $100 \times 100$  мм. По координатних осях наносять розподіл з однаковими інтервалами, що відповідають відкладеним розмірам у прийнятних одиницях виміру. У кожній координатній осі повинні бути зазначені умовне літерне позначення відкладеного розміру й одиниця його виміру. Якщо розміри на координатних осях відкладені у визначеному масштабі з вказівкою числових оцінок, то на кінцях цих осей стрілок не ставлять.

Якщо в одних координатних осях будується декілька графіків, що представляють собою функціональну залежність ряду розмірів від однієї незалежної змінної (наприклад, робочі характеристики двигуна), то паралельно основній осі ординат, перетинання якої з віссю абсцис прийнято за початок координатних осей, проводять додаткові осі ординат, кожену зі своїм масштабом і своїми одиницями виміру. За початок координат усіх величин приймають

точку перетинання основних осей. При побудові точок за результатами дослідів на такому отриманому графіку ці точки, щоб уникнути помилок, варто відмічати різноманітними умовними значками-хрестиками, кружечками і т. ін. Після нанесення точок якогось графіка їх з'єднують плавною кривою за допомогою лекала. При цьому можливий «розкид» точок, тобто деякі з цих точок не будуть лежати на кривій. Це пояснюється можливими похибками експериментів неточним зняттям показання вимірювального приладу, випадковими коливаннями напруги в мережі, наближеністю обчислень тощо. Якщо «розкид» точок виявився значним, то дослід варто повторити. Для побудови криволінійного графіка необхідно мати не менше п'ятьох точок.

В останньому розділі звіту, у висновку про пророблену роботу, студент повинен дати оцінку експлуатаційним властивостям об'єкта дослідження, відповідність цих властивостей паспортним даним цього об'єкта, чи підтвердження експериментальних та теоретичних даних і т. ін.

Звіт у цілому повинен бути лаконічним, але щоб його зміст був зрозумілим без додаткових усних пояснень.

Обсяг звіту повинен мати стільки сторінок формату А-4, щоб стисло відповісти на всі запитання кожного розділу.

### ***5. Перелік лабораторних робіт***

1. Дослідження двигунів постійного струму з послідовним збудженням.
2. Дослідження однофазних трансформаторів.

#### ***Лабораторна робота № 1***

#### **Дослідження двигуна постійного струму з послідовним збудженням**

##### ***Мета роботи:***

1. Вивчення конструктивних особливостей ДПС із послідовним збудженням.
2. Придбання навиків експериментального визначення експлуатаційних (робочих) характеристик.
3. Засвоєння й закріплення основних положень із теорії ДПС із послідовним збудженням.

##### ***Програма роботи:***

1. Вивчити основні положення з теорії і ДПС з послідовним збудженням:
  - 1.1. Принцип дії і конструкція (будова).
  - 1.2. Умови й процес збудження.
  - 1.3. Експлуатаційні характеристики та їхні особливості.
  - 1.4. Побудувати експлуатаційні характеристики збудження.

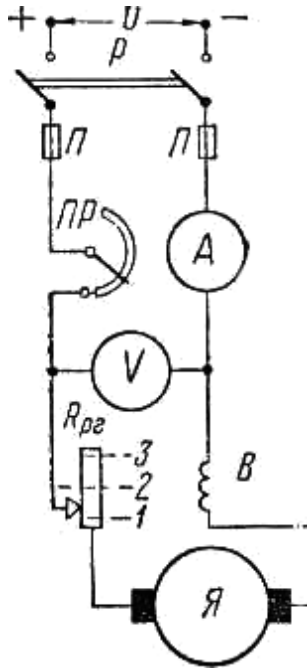


Рис. 1.1. Схема постійного струму з послідовним збудженням

### **Методичні вказівки до виконання роботи**

Дослідження провести на лабораторному стенді «ТЕД ПС послідовного збудження», який складається із:

- Стенда-схеми, на якому, крім схеми, розміщені:
  - амперметр (100 А);
  - вольтметр (150-150 В);
  - амперметр (100-100 А);
  - вольтметр (150-150 В);
  - амперметр (100-100 А);
  - тахометр цифровий ТЦ-3М.
- Блока живлення з вимикачами М 1 і МТВ і перетворювачем змінної напруги в постійну.
  - Розетки для живлення випрямляючої напруги.
  - Автоматичного вимикача.
  - Електродвигуна (М1), генератора (М2), розміщених на одній станині.
  - Панель блока резисторів з пакетними перемикачами К1, К2, К3, К4 в схемі живлення і збудження двигуна та К3, К4, К5, К6, в схемі живлення і збудження генератора.

### ***Порядок проведення роботи***

1. Виконати зовнішній огляд стенда, звертаючи увагу на те, щоб автоматичний вимикач був вимкнений, на стенді не було зайвих деталей, а також візуально перевірити наявність і цілісність електропроводів.

2. Всі тумблери та пакетні перемикачі на лабораторному щиті повинні бути вимкнені, а регульовальні рукоятки РН і ВУ повинні бути в положенні «0».

3. Вимикачі на електрощиті живлення ставимо в положення М1 і УТВ.

4. Вилку випрямного блоку ВУ вмикаємо в розетку (сигналом вмикання ВУ буде характерний шум роботи вентилятора), а потім вмикаємо автоматичний вимикач. При цьому на панелі блоку живлення вольтметр повинен показувати напругу близьку до «0» (корегування робимо регульовальною рукояткою).

Для вмикання і роботи стенда необхідно:

- виконати зовнішній огляд стенда, звертаючи увагу на те, щоб автоматичні вимикачі були вимкнені, на стенді не було зайвих деталей, а також перевірити наявність і цілісність електропроводів;

- всі тумблери на лабораторному щиті повинні бути вимкнені, регульовальні рукоятки РН і ВУ повинні бути в положенні «0»;

- вимикачі на електрощиті живлення ставимо в положення М2 і УТВ;

- вилку випрямного блоку ВУ вмикаємо в розетку, а потім вмикаємо автоматичний вимикач (сигналом вмикання ВУ буде характерний шум роботи вентилятора). При цьому на щиті живлення вольтметр повинен показувати напругу близьку до «0» (корегування робимо регульовальною рукояткою);

- за допомогою регульовальної рукоятки ВУ поступово збільшуємо напругу на електродвигуні М від 0 В до 50 В. Із збільшенням напруги електродвигун почне набирати оберти, величину яких покаже лічильник обертів;

- для зняття електромеханічних (швидкісних) характеристик електродвигуна проводимо вимірювання його сили струму і обертів та відкладаємо їх в системі координат  $n - I_a$ , утримуючи при цьому напругу на електродвигуні постійною, рівною 50 В. Для зняття електромеханічної (швидкісної) характеристики ДПС К1, К2, К3 в положенні «0», а нижні перемикачі при такій комбінації включення пакетних вимикачів на схемі

-перша точка  $K_4, K_5, K_6=0$ ;

-друга точка  $K_6=0; K_4, K_5=1$ ;

-третья точка  $K_5, K_6=0; K_4=1$ ;

-четверта точка  $K_4, K_5=1; K_6=0$ ;

-п'ята точка  $K_4, K_5, K_6=1$ ;

-шоста точка  $K_4, K_6=1; K_5=0$ .

Залежність частоти обертання від струму якоря  $I_a$  при зміні  $U=U_n=\text{const}$ ,  $I_z = I_a$  називається електромеханічною (швидкісною) характеристикою. У підсумку вихідна залежність  $n = f(I_a)$  графічний вигляд показаний на рис. 1.2. У ненасиченого двигуна з послідовним збудженням характеристика має гіперболічний характер.

Найважливішою для ДПС є механічна характеристика  $n = f(M)$ , яка показує залежність частоти обертання якоря від обертового моменту на валу за умови  $U = U_{ном}$  і  $R_{пр} = const$ .

За умов  $U = U_{ном}$  і  $I = I_{ном}$  і  $K = 0$  механічна характеристика, виражена формулами при  $R_{пр} = 0$ , називається природною і графічно вона має гіперболічний характер. Механічна характеристика за суттю виражає потенційні можливості двигуна.

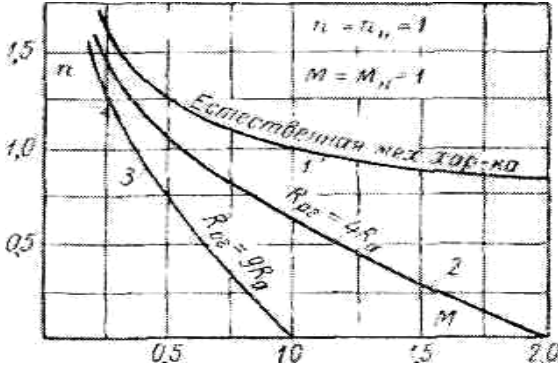


Рис. 1.2

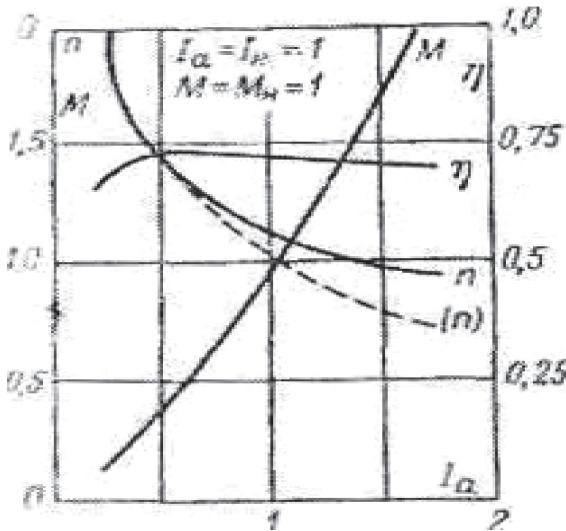


Рис. 1.3

Типові експлуатаційні характеристики ДПС з послідовним збудженням наведені на рис. 1.3.

*Висновки:*

1. Графік частоти обертання починається не з нуля, що відповідає режимові неробочого ходу, а при збільшенні потужності  $P_i$  частота обертання зменшується, так як і при збільшенні обертального моменту  $M$  на валу.

2. Швидкісна характеристика є м'якою і має гіперболічний характер. При малих струмах швидкість двигуна стає неприпустимо висока.

3. Робота двигуна без навантаження не допускається.

*Зміст письмового звіту:*

1. Найменування й мета роботи.
2. Програма роботи.
3. Порядок проведення роботи.
4. Схема включення двигуна і генератора, приладів і реостатів.
5. Таблиці обмірюваних величин і відповідні їм графіки залежності.
6. Побудувати експлуатаційні характеристики.
7. Короткий аналіз отриманих характеристик ДПС з незалежним збудженням.
8. Відповісти письмово на питання:
  1. Що таке «геометрична нейтраль» і чому змінюється процес комутації при зсуві щіток?
  2. Чим пояснюється зміна частоти обертання ДПС при зміні навантаження?
  3. Яке значення має повітряний проміжок в магнітному ланцюгу ДПС?
  4. Що таке «критичне значення» струму навантаження?
  5. Які характерні властивості для ДПС із послідовним збудженням?

## ***Лабораторна робота № 2***

### **Дослідження однофазного трансформатора**

*Мета роботи:*

Ознайомитися з конструкцією трансформатора, визначити параметри та характеристики трансформатора за дослідом холостого ходу, короткого замикання та навантаження.

*Програма роботи:*

1. Провести зовнішній огляд трансформатора, ознайомитись із розташуванням обмоток високої ВН та низької НН напруги, конструкцією магнітопровода.
2. Записати паспортні дані трансформатора.
3. Зібрати електричну схему (рис. 1.4).
4. Виконати дослід холостого ходу (зняти одну точку при номінальній напрузі  $U=U_{ном}$ ).

5. Виконати дослід короткого замикання (зняти одну точку при номінальному струмі в обмотці високої напруги  $U = U_{\text{ном}}$ ).
6. Виконати дослід навантаження трансформатора.
7. Розрахувати на підставі дослідів холостого ходу та короткого замикання параметри трансформатора.
8. Розрахувати та побудувати на підставі дослідів навантаження робочі характеристики трансформатора та його коефіцієнт потужності  $\cos \phi_1$ .
9. Зробити висновки по роботі.

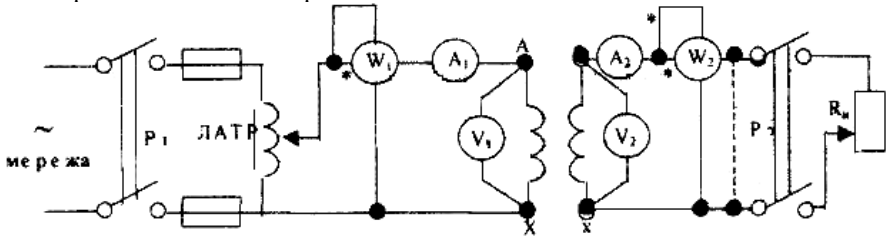


Рис. 1.4. Електрична схема випробуваного трансформатора

### Методичні вказівки до виконання роботи

1. Провести зовнішній огляд, визначити тип конструкції трансформатора.
2. Визначити кількість обмоток.

З щитка трансформатора переписати в зошит паспортні дані (дані номінального режиму).

На рис. 1.4. наведена електрична схема випробування трансформатора.

На схемі зображені такі елементи:

- P1 – рубильник для підмикання обмотки ВН до мережі;
- P2 – рубильник для підмикання активного навантаження  $R_n$ ;
- прилади V1, W1, A1 – для вимірів напруги, потужності, струму в обмотці ВН;
- прилади V2, W2, A2 – для вимірів напруги, потужності, струму в обмотці НН;
- ЛАТР – для регулювання напруги;
- А-Х – зажими обмотки ВН;
- а-х – зажими обмотки НН.

### Порядок проведення роботи

Для виконання дослідів холостого ходу треба за допомогою рубильника P2 відмикнути навантаження  $R_n$  (отримаємо режим холостого ходу). Замкнути рубильник P1 та з допомогою ЛАТР встановити на обмотці ВН (зажими А-Х) номінальну напругу  $U = U_{\text{ном}}$ . Записати значення усіх величин напруги, потужності та струму в обмотках ВН та НН у табл.1.

**Таблиця 1** **Випробування трансформатора**

Режим роботи трансформатора	Дані вимірювань						Результати розрахунків		
	U <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	β	η	cosφ <sub>1</sub>
	В	А	Вт	В	А	Вт	-	%	-
Холостий хід									
Навантаження									
Коротке замикання									

Для виконання дослідження короткого замикання потрібно на обмотці НН поставити перемичку (зображена пунктиром на рис. 1.4), а ЛАТР встановити в положення, щоб на обмотці ВН була відсутня напруга (U=0). Після цього замикають рубильник P1 і за допомогою ЛАТР подають напругу на обмотку ВН такого рівня, щоб струм в обмотці ВН дорівнював номінальному I1=I1 ном. Записати значення усіх рівнів напруги, потужності та струму в обмотках ВН та НН у табл. 1.

Для виконання дослідження навантаження треба зняти перемичку і підімкнути за допомогою рубильника P2 навантаження Rн (активне навантаження). Рубильником P1 подати напругу на ЛАТР (при цьому на вході ЛАТР повинна бути мінімальна напруга, а опір Rн=max). Потім за допомогою ЛАТР на обмотці ВН встановлюють напругу U=Uном і за допомогою опору Rн доводять струм в обмотці ВН до номінального значення I1=I1 ном. Це буде перша точка. Значення усіх величин вносять у табл. 1. Потім поступово за допомогою опору Rн зменшують струм її в обмотці ВН і доводять роботу трансформатора до холостого ходу. При цьому знімають 6-8 точок і показання рівнів напруги, потужності, струму в обмотках ВН та НН записують у табл. 1.

**Методичні вказівки з обробки результатів дослідів**

1. На підставі дослідження холостого ходу визначити параметри намагнічуючого контура трансформатора:

$$\begin{aligned}
 Z_0 &= U_{10} / I_{10}; \\
 R_0 &= P_{10} / I_{10}^2; \\
 X_0 &= \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}; \\
 \cos \varphi_0 &= P_{10} / (U_{10} * I_{10}); \\
 K &= U_{10} / U_{20},
 \end{aligned}$$



де  $U_{10}$ ,  $I_{10}$ ,  $P_{10}$ ,  $U_{20}$  маються на увазі  $U_1$ ,  $I_1$ ,  $P_1$ ,  $U_2$  (табл. 1), що відносяться до досліду холостого ходу.

На підставі досліду короткого замикання визначити параметри обмоток трансформатора

$$Z_k = U_{1k} / I_{1k};$$

$$R_k = P_{1k} / I_{1k}^2;$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2};$$

$$\cos \phi_k = P_{1k} / (U_{1k} * I_{1k}),$$

де  $U_{1k}$ ,  $I_{1k}$ ,  $P_{1k}$  маються на увазі  $U_1$ ,  $I_1$ ,  $P_1$  (табл. 1), що відносяться до досліду короткого замикання.

2. Під робочими характеристиками розуміють такі характеристики:

2.1 залежність коефіцієнта корисної дії від навантаження  $\eta = f(\beta)$ ;

2.2 залежність вихідної напруги від навантаження  $U_2 = f(\beta)$ , цю залежність називають зовнішньою характеристикою.

Для побудови характеристик виконують такі розрахунки:

а) визначають коефіцієнт навантаження  $\beta = I_2 / I_{2ном}$ , де  $I_2$  беруть з досліду навантаження,  $I_{2ном}$  – з паспортних даних;

б) беруть з досліду холостого ходу втрати холостого ходу, які приблизно дорівнюють втратам у сталі осердя трансформатора  $P_{ст} \equiv P_{10}$ , а з досліду короткого замикання втрати короткого замикання  $P_m = P_{1k}$ , які дорівнюють втратам в обмотках трансформатора. Втрати  $P_{10}$  беруть з досліду Х.Х при  $U_1 = U_{1ном}$ , а втрати  $P_{1k}$  беруть з досліду К.З. при  $I_1 = I_{1ном}$ ;

в) визначають повну номінальну потужність трансформатора на підставі номінальних даних  $S_{2ном} = U_{2ном} * I_{2ном}$ ;

- за формулою визначають коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \left[ 1 - \frac{P_{ст} + \beta^2 P_m}{\beta S_{2ном} * \cos \phi_2 + P_{ст} + \beta^2 P_m} \right] * 100\%$$

Коефіцієнт потужності обмотки НН беруть  $\cos \phi_2 = 1.0$  у зв'язку з тим, що навантаження має активний опір.

- коефіцієнт потужності обмотки ВН розраховують за формулою:

$$\cos \phi_1 = P_1 / (U_1 * I_1)$$

на підставі даних досліду навантаження.

Результати розрахунків заносять у табл. 1. Після виконання розрахунків будують робочі характеристики  $\eta = f(\beta)$ ;  $U_2 = f(\beta)$ , а також залежність  $\cos \phi_1 = f(\beta)$ .

### **Контрольні запитання:**

1. Намалювати схему та пояснити порядок проведення досліду режиму холостого ходу трансформатора.
2. Як визначається коефіцієнт трансформації трансформатора?
3. Які показники виносять на щиток трансформатора?

4. Намалювати схему та пояснити порядок проведення досліду режиму короткого замикання трансформатора.
5. Провести аналіз коефіцієнта корисної дії  $\eta = f(\beta)$ . При якій умові  $\eta$  буде максимальним?
6. Що таке зовнішня характеристика трансформатора? Провести її аналіз.
7. Як позначаються вивідні кінці обмоток однофазних та трифазних трансформаторів?
8. На яку величину відрізняється потужність на вході та виході трансформатора?
9. Що розуміють під втратами холостого ходу та короткого замикання?
10. Намалюйте схему заміщення трансформатора в режимі навантаження, короткого замикання та холостого ходу.

### **Список навчально-методичних матеріалів:**

1. *Безрученко В.М., Варченко В.К., Чумак В.В.* Тягові електричні машини електрорухомого складу. – Видавництво Дніпропетровського нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 252 с.
2. *Тихменев Б.П., Трахтман Л.И.* Подвижной состав электрифицированных железных дорог. – Москва: Транспорт, 1980. – 356 с.
3. *Дубинець Л.В., Вислогузов В.Т., Кийко А.І. та ін.* Тягові електричні апарати контактні. – Видавництво Дніпропетровського нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2002. – 101 с.

*Навчальне видання*

## **Електрообладнання електровозів**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Дисципліна: «Електрообладнання електровозів»

Для студентів спеціальності 7.10050

«Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту»

Спеціалізація

«Виробництво, експлуатація та ремонт локомотивів»

безвідривної форми навчання

**Укладач:** В. І. Данилевський

**Редактор:** Л. В. Пономаренко

Підписано до друку 25.03.2010.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Спосіб друку – ризографія.  
Зам. № 27-2/10. Тираж 50 прим.

---

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі ДЕГУТ  
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 3079 від 27.12.2007 р.  
03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19.