

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет “Транспортна інженерія”

Кафедра “Локомотиви”

“ДО ЗАХИСТУ”

Зав. кафедрою Б. Боднар Борис БОДНАР

“ 20 ” XV _____ 2022 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: “Удосконалення технології ремонту тягових
електродвигунів в умовах ЛРЗ”

за освітньою програмою: “Локомотиви та локомотивне господарство”
зі спеціальності 273 “Залізничний транспорт”
галузі знань 27 “Транспорт”

Виконав: студент групи ЛГ2121

Єлізавета Бабченко Єлізавета БАБЧЕНКО

Керівник Михайло Капіца Михайло КАПІЦА

Нормоконтролер Людмила Колодій Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент Єлізавета Бабченко

Дніпро, 2022

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

EXPLANATORY NOTE

to Master’s Thesis

master

on the topic: “**Improvement of the technology of traction electric motor repair in conditions of LRZ**”

according to educational curriculum: “*Locomotives and Locomotive Economy*”
in the Speciality 273 “*Railway transport*”
field of knowledge 27 “*Transport*”

Done by the student of the group *LG2121*:

Elizaveta BABChENKO

Scientific Supervisor: Mihajlo KAPICA

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Удосконалення технології ремонту тягових електродвигунів в умовах ЛРЗ» загальним обсягом 6 креслень та 81 аркуше розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 6 розділів.

Робота містить 8 ілюстрацій, 3 таблиці та список використаної літератури з 17 найменувань.

Об'єктом дослідження в дипломній магістерській роботі виступає тяговий електродвигун, а метою – удосконалити технологію ремонту тягових електродвигунів в умовах ЛРЗ.

При аналізі експлуатаційних умов роботи та характеристики пошкоджень тягових електродвигунів визначили, що механічні впливи значно погіршують показники експлуатаційної надійності магнітних систем ТЕД.

При огляді технології ремонту тягового електродвигуна ми запропонували модернізувати існуюче та впровадити в процес нове обладнання для удосконалення ремонту, підвищення надійності та зменшення кількості непланових ремонтів через раптові відмови ТЕД.

Особливу увагу ми приділили післяремонтним випробуванням ТЕД. Для цього виконали удосконалення стенду заводських випробувань тягових електродвигунів за методом взаємного навантаження з покриттям втрат механічним способом.

При розробці графіка організації виробничого процесу ми порівняли існуючу технологію ремонту із запропонованою.

Скорочення тривалості роботи та трудомісткості роботи для загального ремонту сягає 6%.

Ключовими словами в магістерській роботі виступають: УДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ПОШКОДЖЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ, ОБЛАДНАННЯ, РЕМОНТ, СТЕНД, НАВАНТАЖЕННЯ, ТРУДОМІСТКІСТЬ.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ УМОВИ РОБОТИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОШКОДЖЕНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	9
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ПР-3 ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	14
2.1 Поняття про потоковий метод ремонту тягових електродвигунів.....	14
2.2 Підігрів і сушка електричних машин.....	14
2.3 Вибір способу складання і розбирання тягових електродвигунів.....	19
2.4 Схема роботи потокової лінії по ремонту тягових електродвигунів.....	19
2.5 Транспортні засоби поточкових ліній.....	23
3 ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	25
3.1 Розбирально-дефектувальне відділення.....	25
3.2 Очищення і попередня перевірка тягового електродвигуна.....	26
3.3 Розбирання електродвигуна.....	28
3.4 Ремонт остова і підшипникових щитів.....	29
3.5 Ремонт електричної частини остова.....	33
3.6 Складання магнітної системи.....	35
3.7 Складання тягового електродвигуна.....	36
3.8 Випробування тягових електродвигунів.....	39
4 УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДУ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА МЕТОДОМ ВЗАЄМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ПОКРИТТЯМ ВТРАТ МЕХАНІЧНИМ СПОСОБОМ.....	42
4.1 Електрична схема стенду та опис обладнання.....	42

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.	<i>Бадченко</i>				Літ.		Арк.	Акрушів						
Перевір.	<i>Капіца</i>						5	81						
Реценз.					<i>Удосконалення технології ремонтів тягових електродвигунів в умовах ЛРЗ</i>									
Н. Контр.	<i>Колодій</i>									<i>УДУНТ, гр. ЛГ2121</i>				
Затверд.	<i>Боднар</i>													

4.2 Вибір привідного електродвигуна, підбір напівпровідникових приладів перетворювача збудження приводного та випробуваних електродвигунів	45
4.3 Розрахунок живильної випрямної установки	57
4.4 Програма приймально-здавальних випробувань	63
5 РОЗРОБКА ГРАФІКА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ	68
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СТЕНДУ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА МЕТОДОМ ВЗАЄМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	73
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	80

ВСТУП

Залізничний транспорт являє собою велику та складну технічну та соціально-економічну систему, яка знаходиться в постійній взаємодії з галузями народного господарства. В якості основних прямих зв'язків служить пропозиція транспортних послуг, в якості основних зворотних зв'язків – попит на залізничні перевезення та забезпечення їх різного роду ресурсами.

В умовах ринкових відносин перед залізничним транспортом на перший план виступають задачі підвищення якості перевезень, оперативності та ритмічності в роботі, прискорення термінів доставки вантажів, зменшення експлуатаційних затрат.

У транспортній системі України ведуче місце займають залізниці, прогрес яких нерозривно пов'язаний зі станом локомотивної тяги. У зв'язку з цим дуже важливо підвищити рівень використання та надійність роботи локомотивів. Виконання цієї задачі покладено на одну з ведучих галузей залізничного транспорту – локомотивне господарство. На його долю припадає 11,5% основних фондів та 40% експлуатаційних витрат залізниць. Із усіх експлуатаційних витрат, які мають місце в локомотивному господарстві, біля 20% випадає на технічне обслуговування локомотивного парку.

Як одна з форм поширеного відтворення основних фондів, розширення, реконструкція та технічне переозброєння діючого підприємства, що являє собою оновлення та якісне вдосконалення існуючих засобів праці, підвищення технічного озброєння виробничих процесів на підставі автоматизації та механізації є провадження нових технологій, матеріалів, відповідно до вимог науково – технічного прогресу.

Відомо, що у порівнянні з новим будівництвом ця форма дозволяє скоротити капіталовкладення без погіршення якості будівель, споруд та інших об'єктів заводського господарства.

Особливого значення оновлення діючих підприємств в Україні набуває в даний час і в найближчій перспективі. Справа в тім, що у період з 1945 по 1985

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роки основним способом підвищення обсягу випуску нових видів промислової продукції було збільшення кількості діючих підприємств за рахунок нового будівництва. Однак, за останні роки цього періоду через нестачу коштів нове будівництво не виправдано затягувалось і на момент набуття Україною незалежності багато будівництв залишились незавершеними.

В дипломній магістерській роботі основним завданням поставлено удосконалити технологію ремонту тягових електродвигунів в умовах ЛРЗ.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ УМОВИ РОБОТИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОШКОДЖЕНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Умови експлуатації тягових електродвигунів (ТЕД) на різних залізницях України різко відрізняються не тільки кліматом, але і профілем колії, вантажонапруженістю та інтенсивністю руху. В процесі роботи ТЕД відбувається зношення його вузлів і деталей. По характеру зношення підрозділяють на природне і передчасне.

Природне зношення викликане визначеними умовами роботи вузлів та деталей; властивостями матеріалів з яких вони виготовлені. Залежність природнього зношення від пробігу та умов експлуатації встановлюють на основі статистичних даних про стан тягових електродвигунів. На основі цих даних і вимог безаварійної роботи встановленні терміни і пробіги, між видами технічного обслуговування, поточних і заводських ремонтів.

Передчасне зношення – це результат низької якості виготовлення і ремонту, незадовільного догляду та ненормативних умов експлуатації. У першому випадку несуть відповідальність ремонтні бригади, а в другому – локомотивні бригади та працівники пунктів технічного обслуговування. Передчасне зношення дає більшу кількість ушкоджень ніж природне.

Слід зауважити, що діапазон температур, при яких доводиться працювати ТЕД, знаходиться в межах від мінус 40°С до плюс 40°С. Це в свою чергу ускладнює конструювання та ремонт ТЕД.

Експлуатація ТЕД при значних перепадах температур ускладнюється різкими змінами швидкостей руху локомотивів, які в свою чергу викликають такі ж різкі зміни навантажень двигунів, їх частоти обертання, удари та вібрацію. Великі навантаження та часті запуски призводять до перегріву обмоток якоря та пошкодження ізоляції. Нерівномірність розподілення охолоджуючого повітря в середині двигуна, розбіжність в навантаженнях на осі та в діаметрах бандажів колісних пар, розходження швидкісних характеристик двигунів призводить до нерівномірного перегріву обмоток якоря та полюсних катушок.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі пошкодження, які виникають в тягових електродвигунах та допоміжних машинах, можна поділити на механічні та електромеханічні. Наведемо перелік деяких механічних пошкоджень.

Під дією динамічних зусиль, вібрацій та по інших причинах може відбуватися послаблення болтів, що укріплюють полюси до остова. Великий вплив на роботу болтів має їх попереднє затягування. Сильно затягнуті болти несуть додаткове навантаження від сусідніх слабозатягнутих болтів. Тому при встановленні полюсів треба дотримуватись рівномірного та вірного затягування всіх болтів. Послаблення полюсів зменшує повітряний зазор між осердям полюса та якорем, що в свою чергу погіршує комутацію. Сильне опускання полюса може призвести і до заклинювання якоря.

Обрив лап підшипникового щита ТЕД в місцях зварювання призводить до збільшеної вібрації підшипникового щита, а також до биття колектора при його роботі. Часто в підшипникових щитах з'являються тріщини навколо підшипникової камери та по її радіусу. Тріщини в остові ТЕД можуть досягати великих розмірів і бути причинами значних аварій.

Внаслідок неточності виготовлення, незадовільної якості виконання ремонтних робіт, неякісного складання, забруднення твердими частками, незадовільного стану змащувальних речовин або їх нестачі в якірних підшипниках виявляються підвищені зношення, тріщини, шелушіння та відколи роликів, руйнування заклепок сепаратора. Всі ці несправності можуть призвести до руйнування роликового підшипника, заклинювання якоря.

Обрив та розмотування металевого бандажа якоря є тяжким ушкодженням, що виводить машину з ладу. Розмотування бандажів ТЕД може бути наслідком неякісного укріплення при бандажуванні, міжвиткових та корпусних замикань якірної обмотки під бандажем. Також бандаж послаблюється при виповзанні з-під нього ізоляції після неодноразового перегрівання обмоток якоря.

Послаблення затягування та деформація колектора викликають ненормальну роботу щіток (підплигування, злами, сильне іскріння). При

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проведенні огляду чи ремонту таку несправність можна помітити по виступу пластин. Форма колектора порушуються при надмірних його перегріваннях.

До механічних пошкоджень також відносять задири робочої поверхні колектора сторонніми предметами, які випадково можуть попасти на поверхню колектора. Глибокі задири викликають міжвиткові замикання та вихід машини з ладу. Пошкодження колектора та щіток є наслідком багатьох несправностей електричних машин. Стан колектора свідчить про працездатність машини в цілому. Поверхня колектора повинна мати гладку поліровану поверхню правильної циліндричної форми. Про задовільний стан колектора свідчить рівномірна глянцева плівка коричнюватого кольору, що утворюється на контактній поверхні і покращує роботу колекторно-щіткового апарату. Поява кольорів побежалості, вихід краплин олова з “петушків” вказує на значний перегрів колектора.

Щітки повинні щільно прилягати до поверхні колектора (не менше 75% площі), мати встановлений натиск та легко, без перекошування переміщатись в гніздах щіткотримача. Сусідні пластини колектора мають бути чітко розподілені доріжками без затягування останніх міддю та скупченнями бруду.

При перевищенні допустимої температури обмоток ТЕД ізоляція його обмоток стає жорсткою та крихкою і в значній мірі втрачає електричну міцність (особливо це відноситься до мікастрічки). При перегріванні обмоток леткі речовини з ізоляційних матеріалів швидко випаровуються, що призводить до утворення тріщин, розшарувань. Через неякісне ущільнення колекторних люків, повітропроводів, а також через незачинені вентеляційні отвори двигунів, в середину двигуна проникають вода, сніг. Також на обмотках двигунів конденсується волога при постановці холодного локомотива в тепле приміщення.

Якщо двигуни не знаходяться під навантаженням, то волога, яка в них попадає поглинається ізоляцією. Проникаючи в найдрібніші тріщини і пори ізоляційного матеріалу, вона значно зменшує його електричну та механічну міцність. Подібне зволоження ізоляції проходить особливо інтенсивно при

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищенні рівню вологості з різким збільшенням температури навколишнього середовища.

Окремі пошкодження якорів ТЕД можуть проходити через невірні режими управління локомотивом, які призводять до боксування колісних пар, перенавантаженні ТЕД. Котушки головних та додаткових полюсів виходять з ладу в результаті попадання вологи в остов двигуна через неякісні їх ущільнення, а також через послаблення кріплень полюсних котушок на сердечниках.

По даних аналізу пошкоджень на долю ТЕД припадає від 6% до 26% пошкоджень та близько 40% непланових ремонтів. Аналіз залежності пошкоджень від пробігів з початку експлуатації та заводських ремонтів виконується на основі даних паспортів ТЕД.

В локомотивних депо ведуть облік пошкоженості ТЕД по місяцях. Отримані дані вказують на сезонну залежність пошкоджень тягових електричних машин. В якості прикладу на рис. 1.1 показано розподілення пошкоджень якорів та полюсів тягових електродвигунів.



Рисунок 1.1 – Графік розподілу пошкоджень тягових електродвигунів

Пошкоджуваність якорів по місяцях розподіляється більш рівномірно, у

порівнянні з полюсними котушками. В зимово – весняний період створюються найбільш несприятливі умови для роботи ТЕД та рухомого складу в цілому. При зниженні температури зростає жорсткість колії та динамічне навантаження на невіднесорені частини двигунів, що призводить до зламу виводів та послаблення полюсних котушок. Окрім цього, для лютого та березня притаманні різкі добові коливання температури, при яких можливе випадання вологи у вигляді роси або інію на внутрішніх поверхнях ТЕД. Наявність вологи в тріщинках ізоляції може стати причиною її пробою в експлуатації.

В останні роки, більш ніж половина пошкоджень ТЕД припадає на магнітну систему. Найбільш характерними з них є пробій ізоляції котушок головних та додаткових полюсів, а також пошкодження цілісності шинних виводів.

В експлуатації котушки піддаються механічним, тепловим та електричним впливам. Поверхня ізоляції часто вкрита шаром експлуатаційних забруднень та піддається зволоженню. Внаслідок цього при огляді котушок, що вийшли з ладу, часто зустрічаються послаблення кріплення котушок на осердях, що є причиною стирання ізоляції до мідних провідників. Часто зустрічаються пошкодження ізоляції в кутах вікна котушки, яка доторкається до притискної рамки.

Вихід з ладу ізоляції котушок та кабельних виводів перш за все залежить від механічних характеристик ізоляційних матеріалів. Так, котушки полюсів, що ізолювані мікастрічкою на кремнійорганічних лаках, мають дещо меншу пошкоджуваність, ніж котушки з більш жорсткою ізоляцією МОНОЛІТ-2, в склад якої входять епоксидні смоли.

Аналіз наведених даних свідчить про те, що механічні впливи значно погіршують показники експлуатаційної надійності магнітних систем ТЕД. Тому, якщо немає змоги покращити умови роботи тягових двигунів в цілому необхідно покращити процес ремонту, проводити заміну старих ізоляційних матеріалів більш новішими та надійнішими [7, 8, 9, 10].

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ПР-3 ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

2.1 Поняття про потоковий метод ремонту тягових електродвигунів

Упровадження потокового методу ремонту тягових електродвигунів вимагає розробки пристроїв і пристосувань. Наприклад, замість старих продувочних камер, до яких електродвигуни і остови передавали мостовим кранам, зараз діють нові продувочні камери, встановлені на робочій позиції. Потужний струмінь повітря через осі остову сопла, що поступально переміщаються упродовж, очищає від пилу внутрішню його поверхню. З торців остов закривають заслонками, через одну з яких здійснюється відсмоктування забрудненого повітря

Застосування індукційного нагрівача при монтажі підшипникових щитів і підшипників приблизно в 5 разів скорочує час для виконання цих робіт.

Потокова лінія по ремонту підшипників тягових електродвигунів з автоматизацією їх переміщення від місця розбирання через мийну машину до місць ремонту без застосування яких-небудь підйомних пристроїв і без участі робітників внесло абсолютно нове в технологію ремонту: підвищилася продуктивність праці, культура виробництва і якість ремонту. Значна зміна в технологічний процес по ремонту внесла застосування горизонтального методу розбирання і збирання електродвигунів, переваги якого викладені нижче.

2.2 Підігрів і сушка електричних машин

Однією з причин виходу з ладу електричних машин в експлуатації є зволоження ізоляції, яке відбувається через безпосереднє попадання снігу при завірюхах або запотівання при введенні тепловоза з охолодженими електричними машинами в тепле приміщення депо. При перепаді температури в 30°C на обмотках електричних машин виділяється близько 2 кг вологи. Тому якщо ввести тепловоз з охолодженими до -15°C машинами в депо, де температура +15°C, то на

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх обмотках виділиться вказана кількість вологи. Для запобігання зволоженню ізоляції при постановці тепловоза в опалювальний цех необхідно, щоб температура електричних машин була вищою за температуру цеху на 4-6°C. Тому слідує тепловоз ставити в цех для ремонту зразу ж після поїздки. Якщо зробити цього не представляється можливим, необхідно застосувати підігрів машин струмом від калориферної установки.

Вибір способу сушки електричних машин залежить від наявних засобів, міри зволоження і ремонтної ситуації. Всі способи засновані на тому, що машина або її окремі частини повинні нагріватися до температури не менше 80°C і витримуватися при цій температурі до тих пір, поки ізоляція не звільниться від зайвої вологи. Щоб волога, що випарувалася, могла бути видалена з машини, повинен бути забезпечений достатньо ефективний обмін повітря. В ході сушки електричних машин розрізняють чотири періоди:

- початковий (підйом температури супроводжується падінням опору ізоляції);
- встановлення температури (волога, що міститься в обмотці, починає випаровуватися – опір ізоляції залишається на низькому рівні);
- початок просихання ізоляції (деякі частини ізоляції повністю просушені, вся волога з них випарувалася, в інших частинах ще багато вологи – опір ізоляції починає поволі підвищуватися);
- закінчення сушки (просихають останні найбільш зволожені частини обмотки – опір ізоляції підіймається до більш менш високого значення і потім перестає змінюватися).

Залежно від міри зволоження ізоляції і від габаритів машини кожний з чотирьох розглянутих періодів може змінюватися за тривалістю. Для сильно зволоженої ізоляції характерна значна тривалість другого періоду, коли опір ізоляції довгий час залишається незмінно низьким. Для машин з меншим зволоженням цей період може бути коротким. В усякому разі закінчувати сушку необхідно тоді, коли підйом опору ізоляції в четвертому періоді сушки

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припиниться. Для машин з незначним зволоженням процес сушки може продовжуватися протягом декількох годин, з сильно зволоженою ізоляцією процес сушки може продовжуватися цілодобово. При сушці машин слід піднімати температуру не більше ніж на 10°C в 1 год. Чим крупніше машина, тим повільніше повинен бути підйом температури. При дуже швидкому підйомі температури унаслідок різної величини коефіцієнта лінійного розширення різних частин машини ізоляція обмотки може бути пошкоджена. Вимір опору ізоляції проводять мегомметром на 500 В (застосовувати мегомметр на 1000 В забороняється, оскільки зволожену ізоляцію можна легко «пробити»). Дані виміру опору ізоляції в процесі сушки повинні бути занесені в журнал.

Калориферний прогрів і сушку тягових електродвигунів виконують у всіх випадках надходження в депо, коли температура обмоток електродвигунів нижча за температуру цеху. Для підігріву і сушки тягових електродвигунів застосовують типові установки з електричним або паровим калорифером, забезпечуючі температуру повітря 90-100°C і витрату його через кожен електродвигун 10-15 м³/хв. Калориферні установки звичайно розташовують на певній відстані від ремонтного стійла з прокладкою в траншеях повітроводів до кожного електродвигуна з необхідною теплоізоляцією (рис. 2.1) або на підвищених платформах з подачею нагрітого повітря на два електродвигуни одного візка.

При меншій температурі і меншій витраті повітря процес висихання може затягнутися, ізоляція розпариться і опір її не відновиться. Сушку припиняють при сталій величині опору ізоляції або коли величина її досягла встановленого правилами ремонту значення і продовжує збільшуватися. Електродвигуни, опір ізоляції яких за час, відведений для технічного обслуговування ТО-3, не відновлюється, викочують з-під тепловоза і сушать в печах.

У багатьох передових депо канави з пристроєм для сушки електродвигунів (трубопроводи, вентиляція і ін.) використовують для відсмоктування пилу з електродвигуна під час їх обдуву.

Установка працює таким чином. Нагріте в калорифері повітря подається по

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

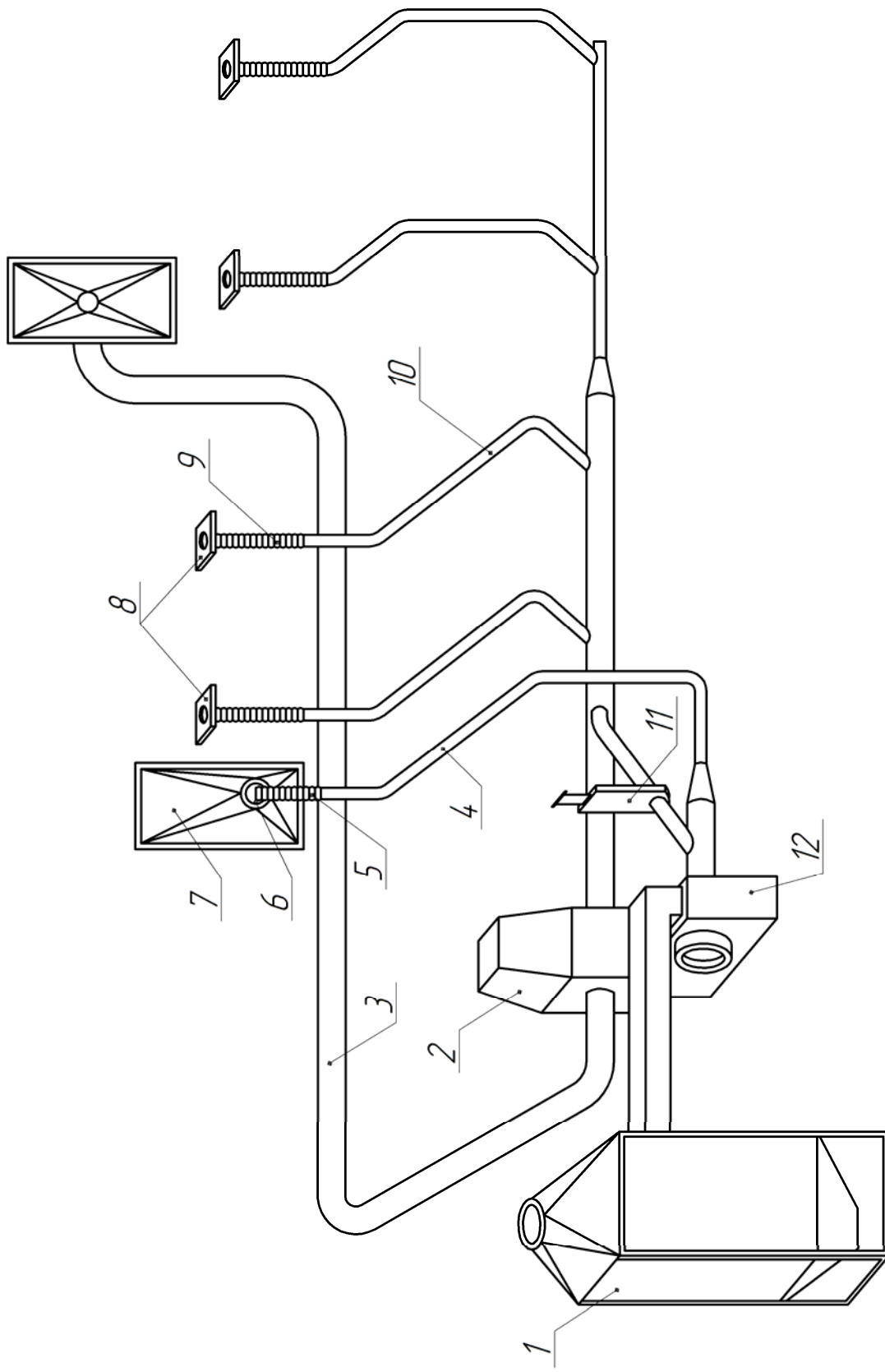


Рисунок 3.1 – Калориферна установка

1 – фільтр; 2 – калорифер; 3, 4, 10 – трубопровід; 5, 9 – рукав металічний; 6 – дросель-клаван; 7 – зонг; 8 – фланець зонга; 11 – задвижка; 12 – вентилятор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03MP.ПЗ

Арк.

17

повітропроводах, металевих рукавам з фланцями до тягових електродвигунів для їх сушки. Нагріте повітря при необхідності може подаватися і в кузов по трубопроводу, приєднуваного до нього за допомогою парасольок з дросель-клапаном. Для відсмоктування пилу з електродвигунів необхідно відкрити засувку, закрити дросель-клапан на повітропроводах відсмоктування пилу з кузова, включити електродвигун вентилятора пилевідсмоктувача. Продування електродвигунів здійснюють вручну за допомогою звичайного шланга. Запорошене повітря не осідає в канаві, а витягується вентилятором і подається у фільтр. Для відсмоктування пилу з апаратних камер необхідно закрити засувку, відкрити клапани-дроселі, включити вентилятор установки пилевідсмоктувача. Продування апаратних камер проводить так само, як і тягових електродвигунів стислим повітрям вручну від мережі через шланг з наконечником.

Пристрій гідродинамічного вихрового фільтру продуктивністю 1000 м³/год показаний на рис. 2.2. У металевій камері фільтру паралельно один одному встановлені змішувачі і спрямовуючі, що мають Г-подібну форму. Нижня частина камери заповнена водою.

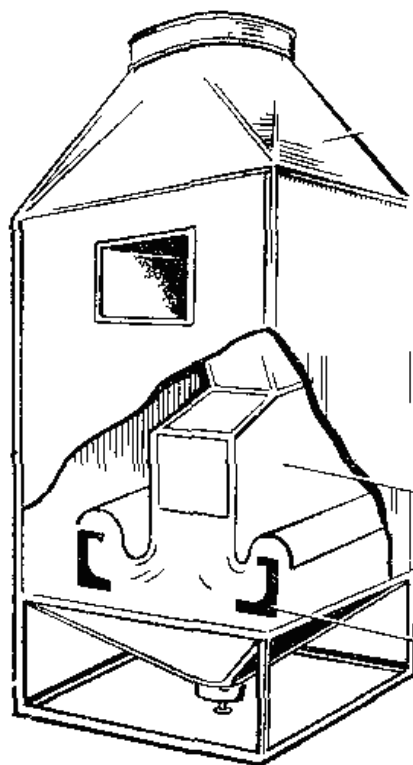


Рисунок 2.2 – Пристрій гідродинамічного вихрового фільтру

										Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.160159.000.03MP.ПЗ					

При роботі фільтру повітря, проходячи через змішувачі, захоплює за собою безперервним потоком шар води. Повітроводи укладені в траншеї. По трубі забруднене повітря відсмоктується з кузова.

2.3 Вибір способу складання і розбирання тягових електродвигунів

Існують вертикальний і горизонтальний способи збирання і розбирання електродвигунів із застосуванням різних пристосувань. При вертикальному способі електродвигун (якір з остовом) розбирають і збирають у вертикальному положенні, а при горизонтальному, коли ці операції виконують в горизонтальному положенні. Горизонтальний спосіб відрізняється від вертикального тим, що кількість кантівок (повернень) електродвигуна в 5-6 разів менше, а устаткування, яке застосовують при розбиранні і збірці, легше в 3-4 рази і дешевше у виготовленні. При вертикальному способі декілька зручніше оглядати остов і котушки полюсів, оскільки остов, прикріплений до кантувача, можна в процесі ремонту повернути в будь-яке положення. При горизонтальному способі остов на робочих позиціях має тільки одне положення.

У багатьох депо і на ремонтних заводах прийнятий горизонтальний спосіб розбирання електродвигуна. Цей спосіб прийнятий за основною при розробці типового проекту електромашинних цехів депо.

2.4 Схема роботи потокової лінії по ремонту тягових електродвигунів

Потокові лінії по ремонту тягових електродвигунів (рис. 2.3) є конвеєром, в певній послідовності якого встановлене устаткування, необхідне для виконання ремонту по позиціях згідно технологічному процесу.

На позиціях першого конвеєра виконують ремонт підшипникових щитів. Зняті шапки після миття передають на майданчик-накопичувач, з консольним краном переміщують на стенд для ремонту. Електродвигун передають на позицію 1, де встановлена мийна машина. Після обмивання електродвигун за допомогою візка передають на позицію 2. Тут визначають об'єм додаткових робіт, готують до

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

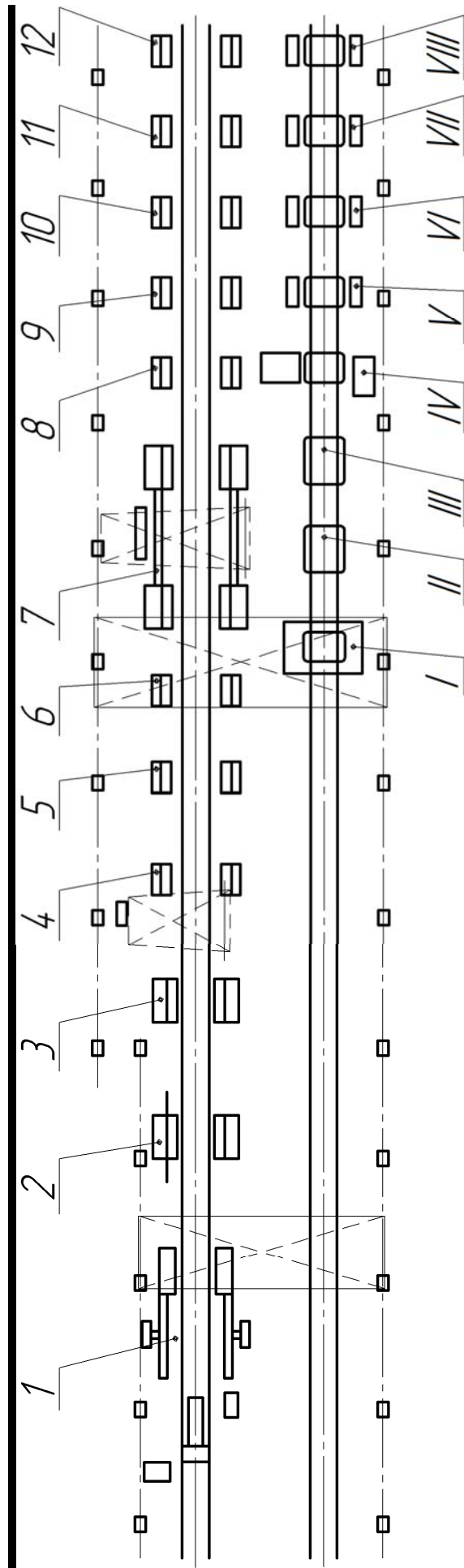


Рисунок 2.3 – Поточна лінія ремонту тягових електродвигунів

1-12 – позиції розбирання, складання та ремонту остова; I-VIII – позиції ремонту якоря

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03MP.ПЗ

Арк.

20

розбирання і передачі з візка на конвеєр. Ця позиція обладнана пневматичним гайковертом, вібрографом для попередньої перевірки якості балансування якоря, колонкою для під'єднування дротів і перевірки електродвигуна на холостому ходу, домкратом. Якщо електродвигун з яких-небудь причин не може бути переданий на конвеєр, його відставляють на підставку.

Після виконання необхідних підготовчих робіт на позиції 2 домкрат, підіймаючись вгору, бере на себе двигун і, опускаючись, встановлює його на раму конвеєра для переміщення на позицію 3.

На позиції 3 електродвигун розбирають. Ця позиція обладнана консольним краном, на якому підвішений пневматичний гайковерт, пристосуванням для випресовки підшипникових щитів і виїмки якоря з остову в горизонтальному положенні, індукційним нагрівачем для зняття лабіринтових кілець. З цієї позиції якір краном передають на потокову лінію ремонту якорів, а підшипникові щити по рольгангу в мийну машину. Остов переміщують на позицію 4 конвейєра для продування і очищення в камері.

Після обдування остов переміщують по конвеєру на позицію 5, де виконують ремонт електричної і механічної частин, змінюватимуть пошкоджені котушки, болти, щіткотримачі і т.д.

На позиції Об остов в кантувачі повертають для перевірки і усунення несправностей, а потім мостовим краном переставляють на передавальний візок, який переміщає його в пропитувально-сушильне відділення (позиція 7).

Після просочення і сушки в печі остов мостовим краном встановлюють знов на візок, вивозять з пропитувально-сушильного відділення, передають на позиція 8, де котушки полюсів випробовують на пробій. Після випробування конвейєр збирання забирає остов і переміщає по своїх позиціях.

Позиції 9 і 10 складальні. Тут вводять якір, встановлюють підшипникові щити. Для виконання цих робіт позиції обладнані приблизно такими ж пристосуваннями, як і позиції 1 і 2, з тією лише різницею, що замість пристосування для випресовки підшипникових щитів на підставках

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлені індукційні нагрівачі і для нагріву горловини остовів перед установкою в них щитів. Гайковертом, підвішеним на укосині, загортають болти. Після збирання тяговий електродвигун переміщують на позицію 11, обладнану колонкою, для перевірки на холостому ході. На холостому ході приробляють щітки, прослуховують підшипники, перевіряють якість збирання. При задовільному стані всіх вузлів електродвигун передають на випробувальну станцію, після чого повертають краном на позицію 12 конвеєра.

На позиції 12 електродвигун офарблюють. Заливають головки болтів масою компаунда, розігрітою в шафі, а потім домкратом електродвигун переставляють на транспортний візок для доставки на постановку на візок.

Лінія ремонту якорів знаходиться паралельно лінії ремонту остовів.

Лінія ремонту якорів починається з накопичувача на чотири якоря. На I позиції якір продувають в камері. При цьому якір підводять підйомним пристроєм з роликми і вводять в камеру, через сопла якої поступає повітря. Гумові ролики, на яких лежить якір, обертають його для того, щоб обдути по всій поверхні. Після обдування ролики підйомного пристрою опускаються і якір лягає на накопичувач, камера підіймається вище і якір отримує можливість перекочуватися далі.

Позиція II обладнана підставкою для механічного ремонту якорів; на ній дефектоскопіюють і знімають внутрішні кільця підшипників. Ця позиція обладнана підйомним пристроєм з гумовими роликми для підведення якоря, індукційним нагрівачем для зняття кілець підшипників і магнітним дефектоскопом. Потім візком переміщують якір на позицію III з підставкою, призначеною для перевірки міжвиткового замикання, якості паяння півників, цілісності бандажів, густини посадки клинів, справності стрічкових бандажів, міканітового конуса. Якщо якір вимагає заміни бандажів, його передають на ділянки, де встановлені верстати. Якщо ж цих робіт не вимагається, то якір кантують на кантувачі, краном встановлюють на самохідний візок і направляють в просочувально-сушильне відділення (позиція IV). Після просочення і сушки

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якір на візку направляють на позицію *V* для перевірки електричної міцності.

Якорі, що витримали випробування, передають на позицію *VI* для обробки колектора. На уніфікованому верстаті проводить проточку і продорожку, зняття фасок з пластин і шліфовку колектора. Після цього якір краном передають на верстат балансування, а потім на накопичувач (позиція *VIa*) для огляду і перевірки якості виконаного ремонту. На позиції *VII*, обладнаною імпульсною установкою, якір перевіряють на міжвиткові замикання. На позиції *VIII* на вал якоря надягають підшипниковий щит із запресованим в нього підшипником. Звідси якір беруть тельфером за допомогою спеціального чалочного пристосування і передають на конвеєр лінії збирання в горизонтальному положенні і вставляють в остов. Перед цим горловина остову повинна бути нагріта індукційним нагрівачем для постановки щита, а підшипниковий щит з боку колектора встановлений і закріплений.

2.5 Транспортні засоби потокових ліній

При створенні потокових ліній одним з основних питань є вибір пристроїв для переміщення електродвигуна і його вузлів з позиції на позицію. Таким пристроєм є конвеєри і передавальні самохідні візки. На потокових лініях ремонту електродвигунів тепловозів за основу узятий крокуючий конвеєр, який всі тягові електродвигуни одночасно піднімає, переміщає на один крок і опускає на наступну позицію, а потім сам повертається назад. Конвеєр є рамою, яка спирається на ролики домкратів, встановлених по два на тумбах, прикріплені до підлоги болтами. Верхня частина рами знаходиться на рівні підлоги цеху. Щоб робітнику було зручнішим працювати на позиціях, електродвигуни встановлюють на напільні підставки заввишки 560 мм. На крайніх позиціях є телескопічні домкрати, які дозволяють встановлювати електродвигун на конвеєр і знімати з нього остов. Конвеєр приводиться в рух від електродвигуна потужністю 1,7 кВт через двухступінчатий редуктор. На вихідних валах редуктора насаджені дві шестерні, які входять в зачеплення із зубчатою рейкою, укріпленою на рамі.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для напрямку рами під час її переміщення служать ролики, а для зупинки – кінцевий вимикач. Робота конвеєра відбувається таким чином: після закінчення роботи на всіх позиціях потокової лінії натисненням кнопки на пульті управління домкрати піднімають раму на висоту 60 мм. Тягові електродвигуни (остови) знімаються з напільних підставок і переміщаються на крок (2,5 м), потім домкрати опускаються і остов встановлюється на напільні підставки, а рами в опущеному стані повертаються в початкове положення, перекочуючись по роликах домкратів. У початковому положенні рама конвеєра знаходиться на рівні підлоги цеху. Конвеєр блокується зі всіма робочими позиціями і пуск його можна здійснити тільки після готовності робіт на всіх позиціях. Переміщення електродвигунів поза конвеєрною лінією виконується мостовим краном.

На поточкових лініях можна ремонтувати електродвигуни, об'єм робіт яких не перевищує встановленого правилами ремонту. Якщо ж потрібні додаткові роботи, наприклад зміна бандажа або наплавлення щита, то тяговий електродвигун з конвеєра знімають.

У електромашинному цеху – на площі, не зайнятій конвеєрною лінією, – розташоване устаткування (підставки, кантувач, верстат для обточування, установка для притирання щіток, стелажі і ін.) для ремонту допоміжних машин. Верстаки і шафи розташовані в різних місцях цеху.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

3.1 Розбирально-дефектувальне відділення

Заводи та депо по ремонту електровозів, тепловозів, електропоїздів, а також спеціалізовані заводи по ремонту електричних машин мають при електромашинному цеху виробничу ділянку або відділення по розбиранню і дефектуванню тягових двигунів і допоміжних машин. До розбирально-дефектувального відділення пред'являють великі вимоги по високоякісному розбиранню електричних машин, забезпечуючої збереження максимальної кількості деталей і вузлів для подальшого їх використання при ремонті.

Якість розбирання машин безпосередньо впливає на відсоток змінюваності деталей, а отже, на трудомісткість і собівартість ремонту.

Електричні машини, особливо тягові двигуни, працюють у важких експлуатаційних умовах. Тому багато деталей і вузли електродвигунів скріплюють між собою не тільки різьбовими з'єднаннями, але і за допомогою нерухомих посадок.

Основна трудомісткість розбирання електричних машин полягає в роз'єднанні деталей, зв'язаних між собою перехідними посадками (напружена, туга, глуха) і посадками з натягом (пресова, гаряча).

У цих випадках необхідні великі зусилля для подолання опору при зсуві одному деталі щодо іншої. Наприклад, для зняття лабіринтової втулки з валу якоря тягового двигуна прикладають зусилля, що досягає 60-70 т; для випресовки підшипникового щита з остову тягового двигуна – 10-20 т і т.д.

Розбирально-дефектувальне відділення оснащують всіма необхідними сучасними механізмами, нестандартним устаткуванням і спеціальними пристосуваннями, що забезпечують максимальну механізацію розбірних процесів і виключають псування деталей при розбиранні електричних машин. Таке відділення повинне мати наступне основне устаткування:

– мостовий кран вантажопідйомністю 10 т. і консольно поворотні кран-балки вантажопідйомністю 0,5 т;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- самохідні рейкові візки для міжцехового перевезення деталей;
- продувочну камеру для очищення двигунів і якорів стислим повітрям;
- установку для попереднього миття тягових двигунів перед розбиранням;
- конвейєрну лінію для розбирання тягових двигунів і демонтажу магнітної системи;
- мийні машини для очищення остовів, якорів і інших деталей;
- установку для механічного обертання якорів в процесі їх дефектування;
- індукційні нагрівачі для знімання внутрішніх кілець роликів підшипників з валів якорів і лабіринтових кілець кришок підшипникових щитів;
- горизонтальний гідравлічний прес для зняття з валів якорів лабіринтових втулок;
- верстат-автомат для випресовки текстолітових клинів з пазів якорів тягових двигунів;
- верстат для виїмки обмоток якорів відцентровим способом і ін.

У розбиральне відділення електричні машини поступають з складу ремонтного фонду. Ці склади звичайно не мають опалювання, тому в зимовий час бажано містити добовий запас електричних машин безпосередньо в розбиральному відділенні, щоб тягові двигуни і допоміжні машини прогрілися до температури навколишнього середовища цеху перед очищенням і подальшим розбиранням.

3.2 Очищення і попередня перевірка тягового електродвигуна

Тяговий електродвигун повинен поступати в цех після обмивання зовнішньої поверхні. Перед подачею електродвигуна на обмивання заміряють опір ізоляції для того, щоб після обмивання, повторно вимірюючи опір ізоляції, визначити ступінь її зволоження. Щоб оберегти електродвигун від попадання води всередину, на всі вентиляційні отвори ставлять заглушки, а на наконечники вивідних дротів надягають металеві стакани. Захищений від попадання води електродвигун передають на візку в типову мийну машину ММД-12 або ММД-13.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У мийну машину заочують на візку три тягові електродвигуни одночасно. Люки на остові закривають заглушками з гнучкими шлангами, по яких подається нагріте до температури 80-90°C повітря під тиском до 5 кгс/см². Повітря, потрапляючи всередину електродвигуна, перешкоджає проникненню в нього води, а підвищена його температура сприяє прискоренню висихання вологи, що потрапила. На викочених з мийної машини електродвигунах тут же знімають заглушки, стакани і брезентові рукави (якщо вони були надіті), продувають повітрям і заміряють опір ізоляції. Якщо опір ізоляції значно знизився в порівнянні з виміром перед миттям, то електродвигун направляють на сушку. Якщо опір ізоляції залишився в нормі, то двигун передають на розбирання.

Мийку двигунів виконують тільки в тому випадку, якщо забезпечується захист електродвигуна від попадання вологи всередину. Якщо цю умову виконати неможливо, то очищення електродвигуна ведуть шкрябаннями з подальшим протиранням ганчір'ям, змоченим в гасі.

Далі електродвигун ретельно оглядають. При цьому звертають увагу на робочу поверхню колектора, бандажі якоря, конус, на кріплення дротів, перемичок, стан і кріплення щіткотримачів, полюсів і т.д. Конусним щупом заміряють осьовий розгін, для чого зсовують якір в крайнє ліве положення до упору і проводить вимір зазора між щіткотримачем і півниками колектора, потім зсовують якір в крайнє праве положення і теж заміряють вказаний зазор. Різниця цих вимірів покаже осьовий розгін якоря. Після цього електродвигун підключають до мережі для перевірки роботи на холостому ході. Для цього вивідні кабелі під'єднують до клемної панелі. При подачі напруги якір обертається за годинниковою стрілкою (якщо дивитися з боку колектора). Якір при частоті обертання 400 хв⁻¹ обертається протягом 10-15 хв в одну і стільки ж в іншу сторону. При цьому справні підшипники повинні працювати без стукоту з рівномірним шумом. Потім перевіряють вібрацію електродвигуна ручним вібрографом ВР-1. Відхилення приладу більше 0,15 мм показує на необхідність динамічного балансування якоря. Після чого заміряють опір ізоляції якоря і котушок полюсів. Перераховані вище роботи дозволяють визначити попередній об'єм робіт.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розбирання електродвигуна

Перш за все знімають кришки підшипникового щита з боку колектора за допомогою віджимних болтів і гайковерта. З кришки і підшипника видаляють надлишки мастила. Звільнивши якір від закріплення в щиті із сторони колектора, приступають до демонтажу підшипникового вузла з іншого боку. Для цього пристосування типу стакана із зовнішньою нарізкою вкручують у внутрішнє різьблення лабіринтового кільця і, упираючись гвинтом в торець валу, спресовують кільце. Для зняття цього кільця може бути застосований і індукційний знімач з перехідним кільцем або одночасні обидва види знімача: індукційний – для попереднього нагріву і механічний – для остаточного зняття.

Так само, як і кришку з боку колектора за допомогою віджимних болтів і гайковерта, знімають кришку з іншого боку, а потім підшипниковий щит. Для випресовки підшипникового щита з використовують кільцевий прес, що складається з циліндра і поршня з гумовою манжетою.

Прес для випресовки щита на конвеєрній лінії застосовують із закріпленням в спеціальному утримувачі, встановленому на механізмі переміщення. В цьому випадку прес переміщається уздовж конвеєра розбирання по спеціальних направляючих і мостовий кран вивільняється від роботи на цій операції. Після випресовки підшипниковий щит від'єднують від пресу і передають на робоче місце.

У депо допускається щит з боку колектора не випресовувати. В цьому випадку підшипник випресовують ручним гвинтовим пристосуванням. Промивку деталей (щита, змащувальної трубки), що залишилися, проводить на місці.

Допускається таке спрощення в тому випадку, якщо перевірка покаже справність всіх деталей і надійність кріплення.

Для виїмки підшипників з підшипникового щита використовується пресовий стенд (рис. 3.1).

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

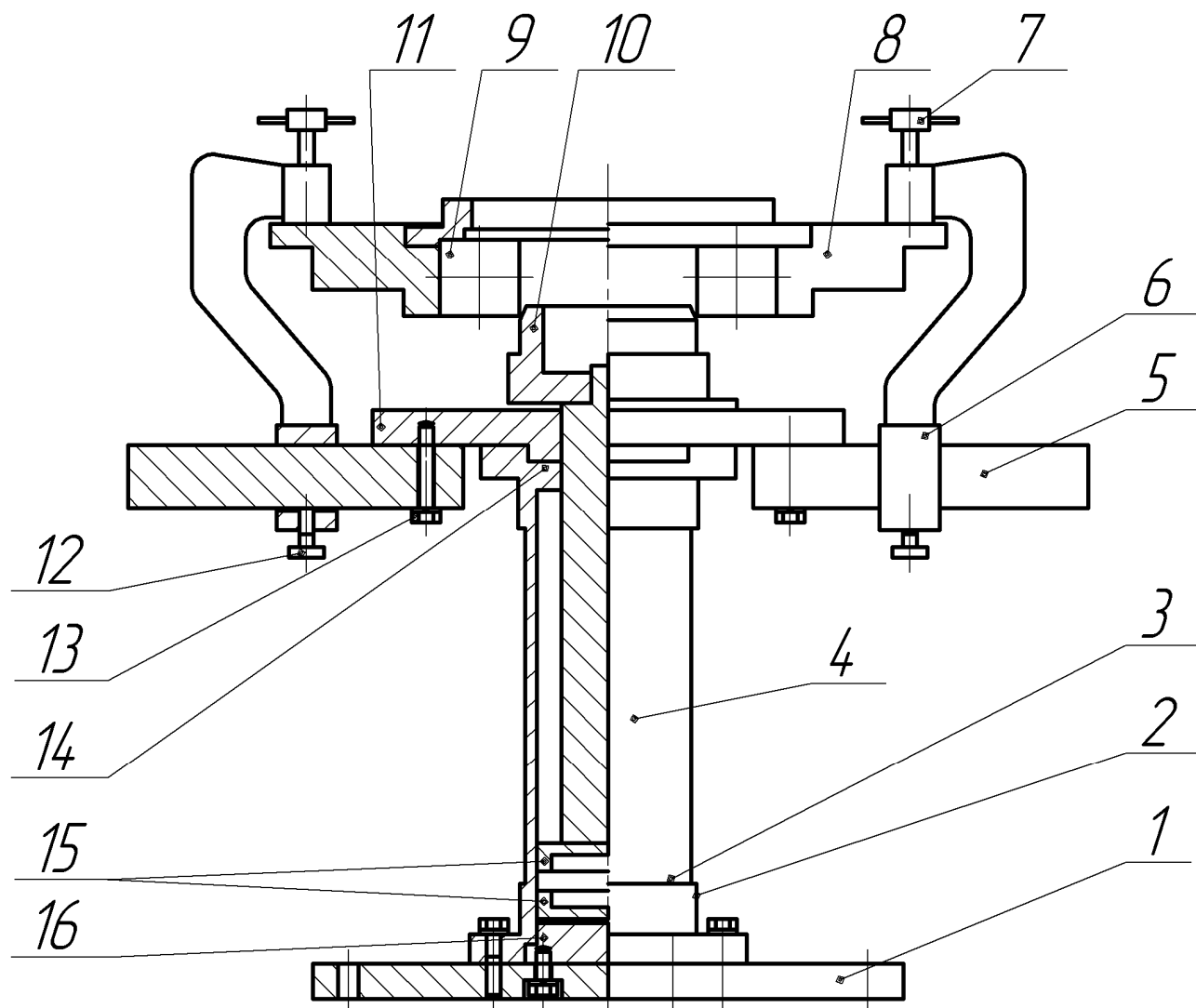


Рисунок 3.1 – Пресовий стенд для виїмки підшипників з підшипникового щита
 1 – основа; 2 – циліндр; 3 – поршень; 4 – шток; 5 – кронштейн; 6 – скоба передвижна; 7 – гвинт; 8 – щит; 9 – підшипник; 10 – штовхач; 11 – стіл; 12 – гвинт; 13 – шарнір повороту кронштейна; 14 – кришка верхня; 15 – манжети; 16 – кришка нижня

3.4 Ремонт остова і підшипникових щитів

Остов з котушками продувають зовні і всередині в камері, а потім після обдування з шланга знов повертають на позицію розбирання і складки. Тяговий електродвигун подають до кантувача на піднятому столі гідравлічного домкрата конвеєра потокової лінії і зупиняють проти стійок.

Кантувач (рис. 3.2) застосовують як самостійний стенд незалежно від

наявності потокової лінії. Прес дозволяє випресовувати щит у вертикальному положенні, якщо депо не має пристроїв для горизонтального розбирання. Кантувач необхідний для зняття катушок полюсів, ретельнішого огляду остову, болтів кріплення тощо.

Остов протирають ганчір'ям, змоченим в зневодненому гасі. Катушки полюсів, сполучні дроти протирають серветками, змоченими в бензині. Щіткотримачі знімають і передають для ремонту на відповідну ділянку. Щоб знайти тріщини, остов оглядають за допомогою лупи семикратного збільшення і обстукують молотком. При огляді остову звертають увагу на перехідні (що сполучаються) поверхні (кути), де найчастіше утворюються тріщини. За наявності тріщин знімають полюси і остов передають у відділення для зварки, де проводить оброблення і заварку тріщин по інструкції для зварювальних робіт. Не дозволяється заварка тріщин, що виходять на горловину під підшипникові щити і ярмо остову (місця під полюси), а також в підтримуючих носиках.

Оглядають поверхню прилягання вентиляційних сіток, кришок на остові і відповідних деталях. При нещільному приляганні кришки колекторного люка до привалочних площин остову замінюють прокладки, а наявні вм'ятини виправляють. Прокладки до кришок приклеюють клеєм з подальшим приклепуванням накладок. Слід пам'ятати, що наявність нещільності, щілин в місцях прилягання кришок люків до остову веде до витoku повітря, що поступає на охолодження електродвигуна і як наслідок до перегріву колекторів, обмоток якоря і полюсів. Після ремонту кришки люків зовні спільно з остовом офарблюють чорним лаком БТ-99, а внутрішню поверхню – світлою емаллю ГФ92-ХС.

Пошкоджені вентиляційні сітки, встановлювані на вхідному і вихідних отворах остову для захисту від попадання сторонніх предметів, замінюють на справні. Допускається зменшувати перетин вентиляційних сіток не більше ніж на 10%. Несправні замки верхнього знімного колекторного люка ремонтують на місці або замінюють. Перевіряють якість приварювання кронштейнів

					0032.160159.000.03МР.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

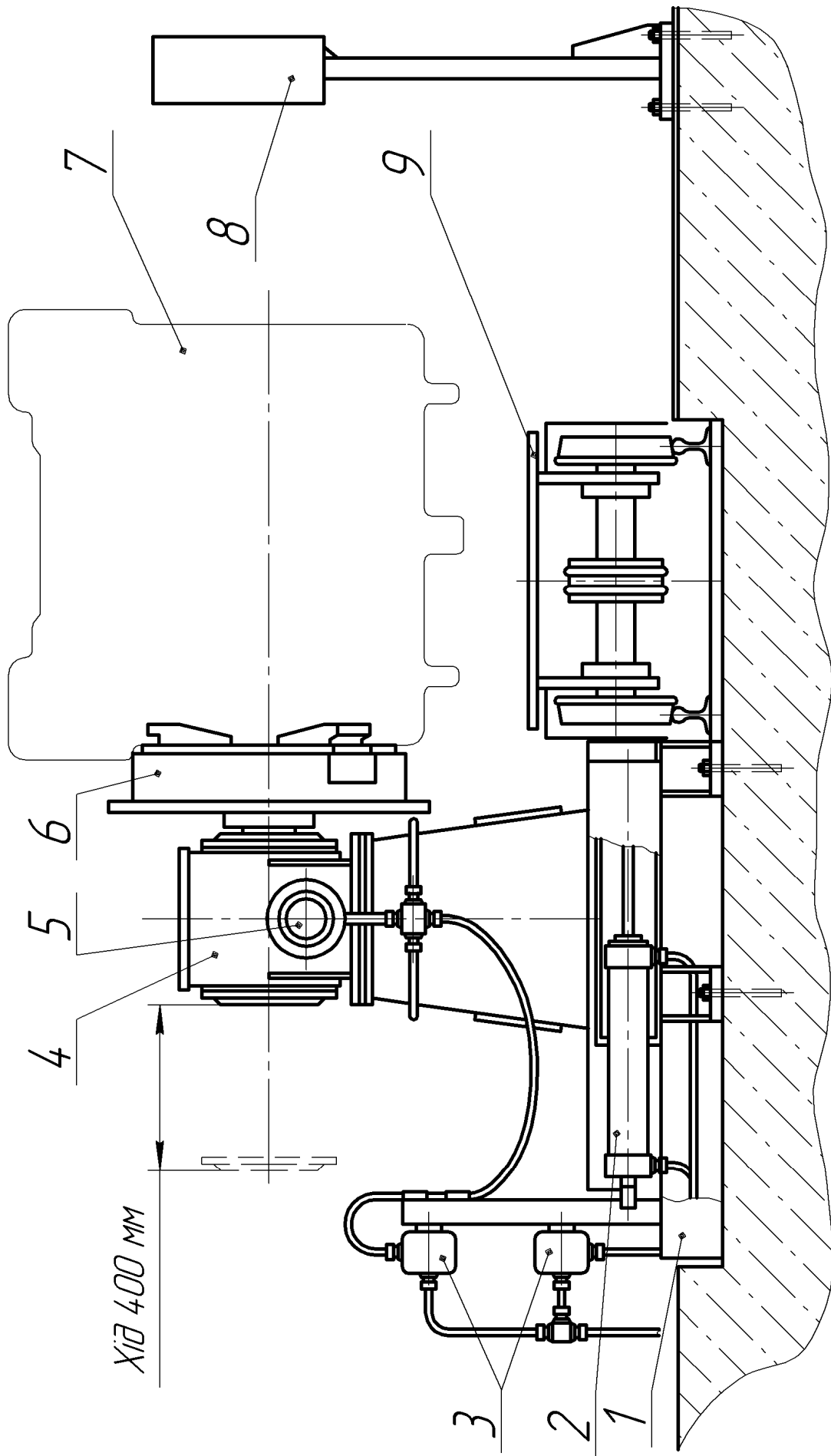


Рисунок 3.2 – Кантувач остова:

1 – рама; 2 – гідроциліндр переміщення пристрою; 3 – гідравлічні насоси; 4 – корпус механізму обертання остова; 5 – гідроциліндри; 6 – пагрон; 7 – остов тягового двигуна; 8 – пульт управління; 9 – самохідний візок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03MP.ПЗ

Арк.

31

щіткотримачів.

Полюсні болти із забитими або зношеними гранями і пружини, що просіли, замінюють. Кріплення цих болтів в недоступних для огляду місцях проводить приварюванням стопорної пластини.

При вимірах остову визначають овальність горловини. Величина її при випуску з деповського ремонту не повинна перевищувати 0,6 мм, а при випуску із заводського ремонту – не більш 0,3 мм. За наявності овальності більше норми в депо роблять шабровку. Розточування горловини під підшипникові щити і під вкладиші моторно-осьових підшипників виконують тільки на ремонтних заводах, що мають спеціальні верстати, на яких можна забезпечити паралель осей обох горловини, що вимагається по кресленню, концентричність поверхонь.

Підшипникові щити після обмивання оглядають для виявлення тріщин і обміряють по всіх посадочних поверхнях по двох взаємно перпендикулярним діаметрам. Овальність і конусність посадочних поверхонь підшипникових щитів при випуску з деповського ремонту допускається не більш 0,08 мм. Якщо ця величина не виходить за межі норми, то, виходячи з допустимого натягу, підбирають (або залишають той же) щит для певного діаметру горловини остову. Натяг посадки підшипникових щитів в остов повинен бути в межах 0,05–0,08 мм. Якщо ж овальність або конусність вищі за допустиме значення або щит став менше по посадочній поверхні і не може бути встановлений в остов з необхідним натягом, то щит наплавляють. Горловини остову під підшипникові щити, як правило, не наплавляють, оскільки при цьому остов може бути сильно деформований.

Якщо знос посадочних поверхонь не перевищує 0,15 мм, то в умовах депо дозволяється відновлювати натяг нанесенням плівки еластомера ГЕН-150(В). При зносі посадочної поверхні більше 0,15 мм щит наплавляють на автоматичній установці під шаром флюсу. Ця установка забезпечує обертання щита, автоматичну подачу електродного дроту і флюсу. За відсутності такої установки наплавлення дозволяється виробляти уручну. При цьому наплавлення ведуть

					0032.160159.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

назад протилежними ділянками, щоб щит не деформувався. Після наплавлення щит обробляють на верстаті з однієї установки по всіх посадочних поверхнях, щоб менше було відхилень в розмірах, що зв'язують взаємне їх положення.

Полюсні болти перевіряють ультразвуковим дефектоскопом УЗД-64. Перед перевіркою поверхню головки болта, до якої прикладатиметься щуп, зачищають. Заздалегідь дефектоскоп перевіряють і настраюють на полюсних болтах-еталонах.

3.5 Ремонт електричної частини остова

Ремонт остову без зняття полюсів. Перш за все перевіряють опір ізоляції котушок. Якщо воно рівне нулю або менше допустимої величини, то ланцюги головних або додаткових полюсів розбивають на ділянки і кожний з них перевіряють окремо. Необхідно пам'ятати, що в ланцюг додаткових полюсів входять щіткотримачі разом із сполучаючими їх шинами. Припустимо, що нульовий опір ізоляції опинився в ланцюзі додаткових полюсів. Котушки всіх полюсів сполучені послідовно між собою і з щіткотримачами. Доцільно в даному випадку від'єднати котушки полюсів від щіткотримачів. Тоді котушки полюсів будуть відокремлені від щіткотримачів і кожний з цих ланцюгів можна перевіряти окремо. При необхідності слід розділити котушки на дві групи і, перевіривши опір ізоляції кожної з них, визначити групу дефектних котушок, а потім, роз'єднавши і ці дві котушки, виявити несправну. Якщо знайдена котушка з пробоем ізоляції, її виймають з остову. Якщо опір ізоляції котушок менше 3 МОм, але більш нуля, що можливе при зволоженні ізоляції, то такі остови сушать в печі. Якщо ж опір ізоляції відновився до норми і видимих пошкоджень, що вимагають заміни полюса, не встановлено, котушки перевіряють на межвиткові замикання.

Перевіряють цілісність виведень і міжкотушкових з'єднань. Для цього через котушки пропускають подвійний годинний струм електродвигуна (1400–1500 А) протягом 7-8 хв, потім відключають його і тут же на дотик визначають нагрів в

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцях з'єднання міжкотушкових перемичок і у виведень котушки. Нагрів всіх ділянок повинен бути однаковим. Якщо ж деякі ділянки мають в порівнянні з іншими підвищений нагрів, це показує на слабкість контакту, що привів до збільшення перехідного опору в з'єднанні. Якщо підвищений нагрів має одна з котушок, це може бути результатом виткових замикань. Якщо вузол з'єднання перемичок має підвищений нагрів, то з нього знімають ізоляцію, перевіряють стан болтів, що кріплять, і наконечників. При необхідності наконечники зачищають, болти замінюють і знов затягують, накладають відповідну ізоляцію. Якщо ж виправити з'єднання в остові не можна, то котушку знімають.

Ремонт котушок полюсів. Для зняття з остову пошкодженої котушки необхідно встановити остов в кантувачі у вертикальне положення, зняти ізоляцію з місць з'єднання дротів, роз'єднати міжкотушкові з'єднання, відвернути болти і вийняти з остову пошкоджений додатковий полюс. Якщо вимагається замінити головний полюс, то для його зняття необхідно спочатку зняти додатковий полюс, що поряд знаходиться. Для безпечного зняття полюсів вивертають спочатку один з болтів і в цей отвір вставляють монтажну шпильку, потім вивертають (раніше ослаблені) інші болти. Пристосуванням захоплюють полюс, підживляють, монтажну шпильку виймають і полюс витягують з остову. Пристосування для знімання головного полюса є металевою стійкою з фланцем, який заводять під сердечник головного полюса, а верхню частину сердечника охоплюють скобами, закріпленими на стійці пристосування. Для зняття додаткового полюса застосовують ремінну петлю.

Знятий полюс передають на ділянку розбирання, де встановлюють на стіл преса на накладку. Плунжер преса через проставку тисне на сердечник і випресовує його. Котушки з фланцем залишаються на накладці преса. Після розпресовки сердечник полюса, фланець і котушку очищають і оглядають. За наявності тріщин або зламів фланці замінюють. Погнуті фланці виправляють і покривають лаком БТ-99. Різьбові отвори в сердечнику перевіряють калібром.

Сердечник головного полюса повинен міцно скріплятись заклепками. Кінці

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стержня і головки заклепок не повинні виступати за площини боковин. Опорна поверхня повинна бути чистою, без виступів і заусенців, а кути в місцях посадки в котушку рівними. Сердечник додаткового полюса не повинен мати відколених буртів, тріщин, зірваного або слабшала різьблення.

Основними пошкодженнями котушок головних полюсів є злом виведень, ослаблення кріплення крайніх витків і пошкодження внаслідок цього корпусної ізоляції. Для усунення цих пошкоджень частково (з боку виведень) знімають ізоляцію, обрубують скоби кріплення крайнього витка, відгортають його, потім обрубують зламаній вивід, зачищають це місце і припаюють, як правило, на заводах припоєм Л-62 новий вивід завтовшки 8.

У котушок додаткових полюсів найчастіше спостерігається розпайка кабельного виводу з наконечником. Перепаюють це з'єднання без знімання основної ізоляції з котушки. Для цього знімають ізоляцію тільки з вузла з'єднання з попереднім його підігрівом.

3.6 Складання магнітної системи

При установці знятих полюсів в остов ставлять зняті раніше прокладки. Потім підтягають полюсні болти ключем поперемінно спочатку середній, потім крайні. Добре затягнений болт при обстукуванні молотком повинен видавати дзвінкий звук. Попереднє затягування болтів полюсів, котушки яких виконані на мікалентній ізоляції, проводить в холодному стані, а остаточну – в нагрітому до температури 70-80°C в печі або пропусканням подвійного годинного струму по котушках протягом 7-10 хв. Нагрів роблять для того, щоб не пошкодити мікалентну ізоляцію, крихку в холодному стані.

Після остаточного затягування болтів заміряють відстань між головними і додатковими полюсами, яке повинне бути в межах допустимих норм. Вимір проводить мікрометричним нутроміром. При невідповідності цих розмірів підтягають болти або підкладають прокладки під полюси. Якщо це не допомагає, то замінюють сердечник полюса.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після остаточної перевірки розмірів між полюсами сполучають міжкотушкові з'єднання по схемі, відповідній для кожного типу електродвигуна. Потім перевіряють полярність котушок компасом при пропусканні по них струму. Для такої перевірки необхідно в ланцюг котушок підключити напругу 6-8 В (від акумуляторної батареї) і, підносячи компас до кожної котушки, встановити полярність. Полюс, до якого стрілка компаса повертається кінцем S, буде північним. Переконавшись в правильній полярності, закріплюють остаточно міжкотушкові з'єднання. Нерівності, утворені в місцях з'єднання наконечників, вирівнюють ізоляційною мастикою. Після з'єднання і ізолювання міжкотушкові з'єднання прикріплюють до металевих скоб, приварених до остову. До скоби міжкотушкові з'єднання притягають металевим хомутом. Роблять це для того, щоб створити нерухомість, виключити перетирання їх між собою. Під скобу для оберігання від перетирання підкладають ізоляцію.

Після з'єднання котушок полюсів встановлюють щіткотримачі. Перед їх постановкою оглядають місця приварювання кронштейнів до остову і переконуються в справності різьблення в кронштейні. Щіткотримач заводять пальцями в поглиблення стержня, потім накладку болтом прикріплюють до кронштейна. Остаточно закріплюють щіткотримач після установки в остов якоря. На даному етапі збирання магнітної системи до щіткотримачів болтами приєднують кабелі, що сполучають щіткотримачі однакової полярності, і кабелі від додаткових полюсів у відповідностей з схемою внутрішніх з'єднань кожного з електродвигунів.

Остаточно зібрану магнітну систему при необхідності сушать, покривають емаллю ГФ92-ХС і передають на позицію для випробування на електричну міцність напругою 1600 В змінного струму частотою 50 Гц протягом 1 хв. Готову магнітну систему передають на позицію складання.

3.7 Складання тягового електродвигуна

На вал відремонтованого якоря з обох боків насаджують в нагрітому стані

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кільця ущільнювачів до упору в бурти валу, потім внутрішні кільця підшипників, якщо їх з якої-небудь причини знімали. Підшипники підбирають так, щоб радіальний зазор в зібраному вигляді (на електродвигуні) був не менше 0,06-0,07 мм. По радіальному зазору підшипники підбирають з урахуванням сумарного натягу посадки внутрішнього роликowego кільця на вал і зовнішнього роликowego кільця в гніздо підшипникового щита.

При радіальних зазорах у вільному стані більше 0,13 мм підшипники дозволяється вмонтовувати з будь-яким натягом, що допускається. Підшипники в щити запресовують на пресах. У багатьох депо для цього використовують індукційні нагрівачі. При покритті зовнішньої поверхні підшипників еластомером посадка повинна бути виконана тільки за другим способом, тобто з нагрівом щита.

Після насадки внутрішніх кілець підшипників на вал, а в щити зовнішніх кілець з роликами приступають до збирання тягового електродвигуна. Для посадки щита використовують той же прес, який застосовували при розбиранні. Для полегшення збирання горловину остову нагрівають до температури 80-100°C індукційним нагрівачем протягом 4-5 хв. Першим запресовують щит з боку колектора. Потім остов встановлюють по рівню і в нього опускають якір. На вал надягають направляючі втулки, які центрують положення якоря щодо підшипників і оберігають їх від пошкоджень. При горизонтальній збірці якір заводять за допомогою Г-образної скоби. Для нагріву горловини перед постановкою щита індукційний нагрівач (при горизонтальній збірці) не накладають зверху на остов, а притискають збоку. В цьому випадку нагрівач переміщається за допомогою спеціального механізму уздовж робочих тумб, на яких встановлений остов, або підвозять його на візку.

Після перевірки биття торця закладають мастило у внутрішню порожнину підшипників, лабіринтові канавки щита, внутрішню порожнину щита, внутрішню порожнину кришки і лабіринти. У порожнину задньої лабіринтової кришки мастило не закладають. Трубку, що підводить мастило до підшипника, перед

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

постановкою кришки промивають бензином і заповнюють мастилом. Зазор між кришкою і щитом, контролюючий надійність закріплення зовнішнього кільця підшипника, повинен бути рівномірним по всьому колу і величина його повинна бути не менше 0,05 мм. Відсутність зазора показує на те, що кришка не упирається в підшипник. Після монтажу цей зазор заповнюють густотертими білилами або емаллю.

Потім перевіряють положення щіткотримачів. Відстань від корпусу щіткотримача до колектора повинна бути 2-4 мм. Якщо ця відстань виявилася менше або більше, то ослабляють болт і щіткотримач опускають (якщо зазор більше 4 мм) або піднімають (якщо зазор менше 2 мм) і знов закріплюють болт. Щоб не допустити перекосу корпусу щодо колектора, між ними встановлюють ізоляційну або дерев'яну прокладку необхідного розміру (3 мм) і остаточно закріплюють болт. Крім того, перевіряють відстань від корпусу щіткотримача до торця півників, яке повинне бути в межах 7-16 мм. Ця відстань залежить в основному від ширини півників: у нового якоря вона рівна 7-8 мм.

Щітки на колекторі розташовують рівномірно. Різниця відстаней по колу колектора між осями будь-яких пар щіток не повинна перевищувати 2 мм. Заміряють цю відстань так: навколо колектора прокладають паперову стрічку і між відбитками щіток вимірюють відстань. Цей розмір в основному задається при виготовленні на заводі і зберігається незмінним. Порушення можливі при ремонті корпусу щіткотримача. В цьому випадку слід замінити корпус або щіткотримач новим.

Подовжні осі башмаків сердечників головних полюсів і вікон відповідних щіткотримачів повинні співпадати: допускається відхилення не більш 1,8 мм. Порушення цього розміру відбувається, як правило, від деформації корпусу щіткотримача, що піддається ремонту з наплавленням або за допомогою опресовування, або через вигин і тріщини кронштейнів.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8 Випробування тягових електродвигунів

Відремонтвані електричні машини повинні бути випробувані за програмою, що задовольняє вимогам ГОСТ 2582–72, ГОСТ 183–74 і правилам ремонту. У програму випробувань входять вимірювання омичного опору обмоток, перевірка на холостому ході на нагрівання, визначення швидкісної характеристики і комутації, випробування на підвищену частоту обертання, вимірювання опору і електричної міцності ізоляції.

Омічний опір обмоток вимірюють при температурі цеху до випробування машини. Одержану величину приводять до температури 15°C. У справної машини величина опору не повинна відрізнитися від паспортної на $\pm 10\%$.

Суть методу взаємного навантаження полягає у тому, що дві однотипні машини сполучають електрично і механічно. Одна з них працює генератором Г (рис. 3.3) і віддає електричну енергію, що виробляється, другій машині, що працює електродвигуном Д, а остання в свою чергу витрачає механічну енергію на обертання першої машини. Приток енергії ззовні потрібна при цьому тільки для покриття втрат в обох машинах і її заповнює лінійний генератор ЛГ. Вольтодобавочна машина ВД компенсує виникаюче в схемі падіння напруги унаслідок втрат в міді. Амперметри і вольтметри показують струм і напруги в ланцюзі стенду. При цьому методі навантаження випробовувані машини повинні бути однотипними. Машини на стенді сполучають напівмуфтами, що надягають на кінці валів якоря.

Замірявши опір в гарячому стані і маючи дані опори цих обмоток в холодному стані, визначають температуру перегріву кожної з обмоток. Для різних обмоток перевищення температури (y °C) над температурою навколишнього повітря повинне бути не вище допустимої.

Перевищення температури обмоток показує на відхилення від нормального стану. Перегрів вище за допустимий колектор може бути викликаний незадовільною обробкою, поганим притиранням або підвищеної зольністю щіток, незадовільним паянням півників або міжвиткового замикання якоря.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розбиття щіткотримачів по колектору. При необхідності щітки притирають, а колектор шліфують або проточують.

Якщо усунення всіх перерахованих дефектів не поліпшить комутацію, визначають зону безіскрової роботи машини методом підживлення додаткових полюсів. Суть цього методу полягає в наступному, до обмотки додаткових полюсів через перемикач, що дозволяє змінювати напрям струму, підводять напругу від окремого джерела постійного струму. Струм підживлення за допомогою реостата змінюють до тих пір, поки не зникне іскріння. Якщо іскріння зникає при підживленні, значить додаткові полюси слабкі і зазор між якорем і полюсом зменшують. Якщо іскріння зникає, зазор збільшують. Величину зазору регулюють прокладками, встановлюваними під осердя полюса.

Вимір опору ізоляції обмоток і перевірку електричної міцності виконують після випробування машини в нагрітому стані. Випробування на нагрів від тертя щіток і роботи підшипників на холостому ході проводить протягом 1 год. без подачі охолоджуючого повітря. При цьому температура підшипників не повинна перевищувати 95°C, а температура колектора не більш 95°C для якорів з класами нагрівостійкості ізоляції А, Е, В і F і не більш 105°C для якорів з класом ізоляції Н.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДУ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА МЕТОДОМ ВЗАЄМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ПОКРИТТЯМ ВТРАТ МЕХАНІЧНИМ СПОСОБОМ

4.1 Електрична схема стенду та опис обладнання

Принцип роботи системи полягає в тому, що, як і при безпосередньому навантаженні, випробуваний двигун з'єднаний з іншою машиною генератором, електроенергія якого надходить назад у двигун. Таким чином, відбувається взаємне навантаження двигуна генератором, а генератора – двигуном. Схемних рішень цієї системи дуже багато, але ДТРЗ використовується система взаємного навантаження з вольтододавальною машиною (ВДМ) і лінійним генератором (ЛГ) (рис. 4.1, 3.3).

Дана система потребує щоб обидва тягові електродвигуни послідовного збудження M1 і M2 були однаковими, що суттєво спрощує одержання і обробку експериментальних даних. Компенсація електричних втрат у системі двигун (M1) – генератор (M2) здійснюється вольтододавальною машиною, а втрати холостого ходу – магнітних і механічних – лінійним генератором, які мають незалежне збудження з живленням від збуджувачів відповідно G4 і G3 і приводяться в рух асинхронними двигунами AD2 і AD1. Приводні асинхронні двигуни збуджувачів G4 і G3 на схемі не показані. Збудження машин G4 і G3 регулюється за допомогою резисторів R1 і R2. Напруги ЛГ і ВДМ вимірюються вольтметрами PV1 і PV2. Струми лінійного генератора та вольтододавальної машини, випробуваного двигуна і шунтувального кола вимірюють амперметрами PA1, PA2, PA3 і PA4 за допомогою шунтів RS. Обмотки збудження машин M1 і M2 – відповідно M1O3 і M2O3.

Режим ослабленого збудження здійснюється вмиканням контактора K1, коли обмотки збудження шунтуються резистором Rш.

Поряд з малим споживанням енергії система взаємного навантаження дозволяє одночасне випробування двох машин на одному стенді без перемикачів,

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

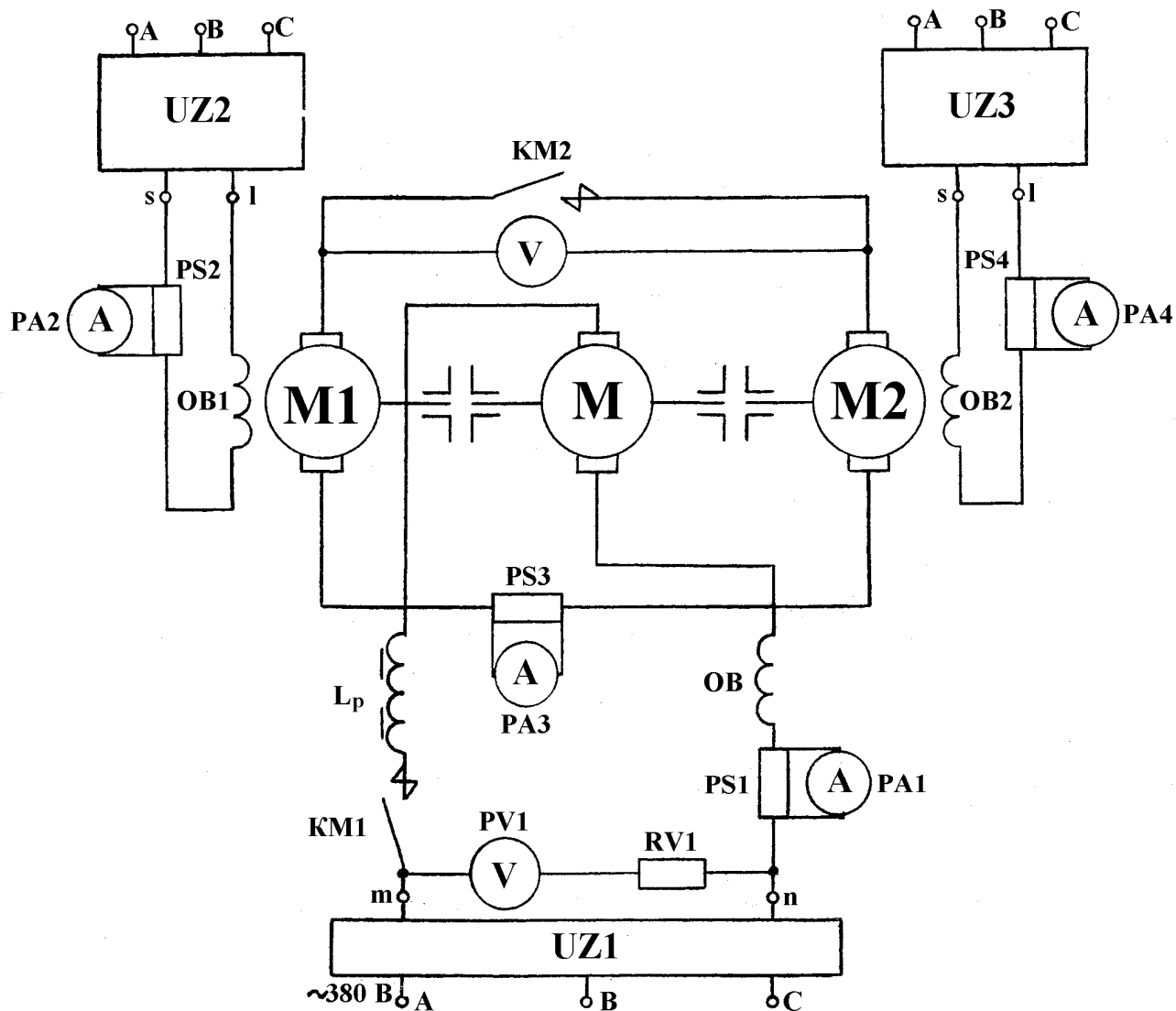


Рисунок 4.1– Принципова схема станда взаємного навантаження

забезпечує просте регулювання й виключає необхідність у навантажувальному пристрої.

До недоліків цієї системи слід віднести порівняну складність схеми станда, нестійку роботу в деяких перехідних режимах, значні витрати часу на підготовку до випробувань. Слід одразу відзначити, що сучасний стан напівпровідникової перетворювальної техніки дозволяє замінити електромеханічні перетворювачі статичними, причому не тільки машини G4 і G3, але і вольтододавальну машину і лінійний генератор. При цьому зникає необхідність і в приводних асинхронних двигунах. Параметри статичних перетворювачів, які замінюють електромеханічні, повинні відповідати визначеним нижче параметрам останніх.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03MP.ПЗ

Арк.

43

Оскільки тяговий електродвигун (генератор) послідовного збудження М2 не може працювати паралельно з іншим генератором, його обмотку збудження М2ОЗ вмикають у коло струму $I_{\text{ц}}$ двигуна М1 послідовно з його обмоткою збудження М1ОЗ.

Для того щоб один з тягових електродвигунів почав працювати в режимі двигуна, необхідно, щоб ЕРС другого тягового електродвигуна (генератора) була більшою, ніж ЕРС першого ТЕД (двигуна). Найбільш зручно забезпечити генераторний режим другого тягового електродвигуна шляхом підключення до неї послідовно спеціальної машини з незалежним збудженням ВДМ, причому ЕРС другого тягового електродвигуна і ВДМ повинні мати однаковий напрямок.

Пуск стенда починається з пуску асинхронних привідних двигунів лінійного генератора і вольтододавальної машини, після чого збільшується напруга лінійного генератора – машини незалежного збудження. Потім вмикається контактор вольтододавальної машини і повільно збуджується вольтододавальна машина; її напруга в залежності від полярності додається до напруги лінійного генератора або віднімається від неї, визначаючи, який з випробуваної пари тягових електродвигунів М1 і М2 буде працювати в режимі двигуна а який в режимі генератора. Регулюючи збудження лінійного генератора і вольтододавальної машини, встановлюють потрібний режим випробувань. Якщо при розімкнутому контакторі К2 підвищувати напругу на затискачах вольтододавальної машини, то це викличе появу струму в колі випробуваних тягових електродвигунів, обмотки збудження яких ввімкнуті так, щоб їх електромагнітні моменти були направлені зустрічно. Після того як струм у колі тягових електродвигунів М1 і М2 досягне певного значення, вмикається контактор К2 і струм лінійного генератора $I_{\text{лг}}$ потече по колу двигуна разом з струмом генератора $I_{\text{г}}$, оскільки $E_1 < E_2 + E_{\text{ВДМ}}$, де E_2 і $E_{\text{ВДМ}}$ – ЕРС тягового електродвигуна М2 і вольтододавальної машини відповідно. При цьому струм двигуна $I_{\text{д}} = I_{\text{г}} + I_{\text{ш}}$. При однакових магнітних потоках тягових електродвигунів М1 і М2 (їх струми збудження рівні

					0032.160159.000.03МР.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I_д) обертаючий момент тягового електродвигуна М1 буде більшим за момент тягового електродвигуна М2, що працює в режимі генератора і система почне обертатись [8].

4.2 Вибір приводного електродвигуна, підбір напівпровідникових приладів перетворювача збудження приводного та випробуваних електродвигунів

Застосувавши методику розрахунку сумарних втрат у навантажувальному наведену в попередньому розділі, вибрали для покриття сумарних втрат у контурі, що складається з двох тягових електродвигунів ТЕ-006, електродвигун НБ-107 потужністю 82 кВт [5].

Сумарні втрати одного випробуваного двигуна визначаються за такою формулою:

$$\sum \Delta P = \Delta P_{ел} + \Delta P_{ст} + \Delta P_{доб} + \Delta P_{нд} + \Delta P_{щ} + \Delta P_{тр.щ} \quad (4.1)$$

де $\Delta P_{ел}$ – електричні втрати в якірній обмотці;

$\Delta P_{ст}$ – втрати в сталі якоря;

$\Delta P_{доб}$ – додаткові втрати;

$\Delta P_{нд}$ – втрати у підшипниках та на вентиляцію;

$\Delta P_{щ}$ – перехідні втрати під щітками;

$\Delta P_{тр.щ}$ – втрати на тертя щіток об колектор.;

При визначенні втрат опір обмоток згідно з ГОСТ 2582-81 приводимо до температури 1200⁰С, так як нагрівання є фактором, що впливає на номінальне значення вибирається електричної машини. Опір обмоток, розрахованих на 200⁰С, множимо на коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$m_t = 1 + a_t \cdot (t_n - 20), \quad (4.2)$$

де a_t – температурний коефіцієнт опору обмоток якоря;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_H – температура нагрівання.

У всіх обмотках електричних машин основні втрати викликані протіканням струму. Сумарні втрати в обмотках колекторних двигунів визначаються за формулою:

$$\Delta P_{эл} = I_{дн}^2 \cdot m_t \cdot (R_{я} + R_{дн}), \quad (4.3)$$

де $I_{дн}^2$ – номінальний струм двигуна;

$R_{я}$ – опір обмотки якоря;

$R_{дн}$ – опір обмотки додаткових полюсів;

Основні втрати сталі пов'язані з проходженням змінного основного потоку по магнітному колі машини. Вони виникають у ярмі та зубцях якоря колекторних електричних машин.

Основні втрати сталі складаються з втрат на гістерезис і на вихрові струми. Втрати на гістерезис пропорційні площі петлі гістерезису електротехнічної сталі, частоті перемагнічування і квадрату індукції.

Втрати на вихрові струми суттєво зростають зі збільшенням товщини листа сталі і зменшуються зі зростанням питомого опору електротехнічної сталі (у разі зростання відсоткового вмісту кремнію). Втрати на вихрові струми істотно зростають за наявності задирів, що перемикають міжлистову ізоляцію, а гістерезисні втрати – внаслідок наклепу після штампування. Точно врахувати це збільшення розрахунковим шляхом неможливо, у формули до розрахунку втрат вводять емпіричні коефіцієнти. Втрати сталі визначаються за формулою:

$$\Delta P_{ст} = 2,7 \cdot (G_z \cdot W_z + G_{я} \cdot W_{я}), \quad (4.4)$$

де $G_z, G_{я}$ – маса сталі зубців та сердечника якоря;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

W_z, W_y – питомі втрати в сталі зубців та сердечника якоря;

Маса сталі зубців та сердечника якоря визначається за формулами:

$$G_z = \gamma_c \cdot Z \cdot h_z \cdot \frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot l_y \cdot k_{зан} \cdot 10^{-9}, \quad (4.5)$$

$$G_y = \gamma_c \cdot Z \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left[(D_y - 2h_z)^2 - D_o^2 \right] \cdot k_{зан} \cdot 10^{-9}, \quad (4.6)$$

де γ_c – щільність сталі;

Z – кількість пазів;

h_z – висота паза;

Z_1 – ширина зубця по колу якоря;

Z_2 – ширина паза по дну паза;

l_y – довжина якоря;

D_y – діаметр якоря;

D_o – внутрішній діаметр якоря;

$k_{зан}$ – коефіцієнт заповнення сталлю.

Питомі втрати в зубцях та осерді якоря визначаються за формулою:

$$W_z = \left[0,044 \cdot f + 5,6 \cdot \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] \cdot B_z^2, \quad (4.7)$$

$$W_y = \left[0,044 \cdot f + 5,6 \cdot \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] \cdot B_y^2, \quad (4.8)$$

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де f – частота перемагнічування;

B_z – індукція в зубцевому шарі;

$B_я$ – індукція в сердечнику якоря.

Частота перемагнічування визначається за такою формулою:

$$f = \frac{p \cdot n_я}{60}, \quad (4.9)$$

де p – число пар полюсів;

$n_я$ – частота обертання валу в номінальному режимі.

Індукція в зубцевому шарі та сердечнику якоря визначається за формулами:

$$B_z = \frac{\Phi_o}{Q_{z_{1/3}}}, \quad (4.10)$$

$$B_я = \frac{\Phi_o}{Q_я}, \quad (4.11)$$

де Φ_o – основний магнітний потік електричної машини,

$Q_{z_{1/3}}$ – площа перерізу зубців на $\frac{1}{3}$ висоти паза;

$Q_я$ – площа перерізу сердечника якоря.

Основний магнітний потік машини визначається по формулі:

$$\Phi_o = \frac{U_{дн} \cdot 60 \cdot a}{N_я \cdot n_я \cdot p}, \quad (4.12)$$

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $U_{дн}$ – номінальна напруга двигуна;

$N_я$ – число провідників обмотки;

a – число пар паралельних гілок.

Площа перерізу зубців на рівні третини висоти зуба:

$$Q_{z_{\frac{1}{3}}} = \alpha \cdot \frac{z}{2p} \cdot z_{\frac{1}{3}} \cdot l_я \cdot k_{зан}, \quad (4.13)$$

де α – коефіцієнт полюсного перекриття;

$z_{\frac{1}{3}}$ – ширина зубця на третині його висоти.

Площа перерізу сердечника якоря визначається по формулі:

$$Q_я = (D_я - 2 \cdot h_z - D_о) \cdot l_я \cdot k_{зан}, \quad (4.14)$$

У колекторних електричних машинах додаткові втрати виникають при роботі машини під навантаженням. Це втрати в міді (комутаційні) і втрати в сталі, викликані викривленням магнітного поля реакцією якоря. Згідно стандарту ці втрати становлять 1% від підведеної потужності:

$$\Delta P_{доб} = 0,01 \cdot P_{подв}, \quad (4.15)$$

де $P_{подв}$ – підведена потужність.

Підведена потужність визначається по формулі:

$$P_{подв} = U_{дн} \cdot I_{дн}. \quad (4.16)$$

В електричних машинах є втрати, які не впливають на нагрівання обмоток. На їхнє покриття затрачається потужність, що підводиться до машини. Це втрати на тертя в підшипниках, щіток про колектор і в перехідному шарі під щітками.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати на тертя в підшипниках визначаються по [6].

Втрати в перехідному шарі під щітками визначаються по формулі:

$$\Delta P_{щ} = \Delta U_{щ} \cdot I_{\partial n}, \quad (4.17)$$

де $\Delta U_{щ}$ – спадання напруги під щітками.

Втрати на тертя щіток про колектор визначаються по формулі:

$$\Delta P_{тр.щ} = \sum S_{щ} \cdot p_{щ} \cdot f \cdot V_k, \quad (4.18)$$

де $\sum S_{щ}$ – загальна площа прилягання щіток до колектора;

$p_{щ}$ – тиск на щітку;

f – коефіцієнт тертя;

V_k – окружна швидкість колектора.

Загальна площа прилягання щіток до колектора визначається по формулі:

$$\sum S_{щ} = 2 \cdot n_{щ} \cdot b_{щ} \cdot l_{щ} \cdot 10^{-6}, \quad (4.19)$$

де $n_{щ}$ – кількість щіток у брикеті;

$b_{щ}$ – ширина щітки;

$l_{щ}$ – довжина щітки.

Тиск на щітку визначається по формулі:

$$p = \frac{F}{S_{щ}}, \quad (4.20)$$

де F – натискання на щітку;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{щ}$ – площа прилягання однієї щітки.

Окружна швидкість колектора визначається по формулі:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_{я}}{60}, \quad (4.21)$$

де D_k – діаметр колектора.

Для збудження приводного електродвигуна використовуємо трифазний керований випрямляч. Використовуючи методику розрахунку величин, що характеризують напівпровідникові прилади, і основні розрахункові співвідношення схем випрямлення визначили, що в цьому перетворювачі необхідно застосувати тиристри із запасом по струму й напрузі типу Т133-320-6 [10] з однобічним ребристим радіатором зі сплаву АМЦ 0143-150 [10].

Для згладжування пульсацій необхідний реактор, приведемо його розрахунок.

Будемо вважати, що струм тече безупинно, тоді регульована характеристика має вигляд:

$$U_d = U_{do} \cdot \cos \alpha, \quad (4.22)$$

де U_{do} – випрямлена напруга при куті регулювання $\alpha = 0$.

$$U_{do} = 2,34U_{\phi}. \quad (4.23)$$

Крива випрямленої напруги може бути розкладена в ряд Фур'є [11]:

$$U_d(t) = U_d + \sum_{k=1}^{\infty} U_{km} \cdot \sin(k\omega_1 t + \phi_k), \quad (4.24)$$

де ω_1 – кутова частота першої гармоніки;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k – порядок вищих гармонік;

U_{km} – амплітуда вищих гармонік порядку ;

ϕ_k – початкова фаза вищої гармоніки k -го порядку.

Для величин U_{km} і ϕ_k можуть бути дані наступні вираження:

$$U_{km} = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}, \quad (4.25)$$

$$\phi_k = \arctg \frac{A_k}{B_k}, \quad (4.26)$$

де A_k й B_k визначаються виразами:

$$A_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_d(t) \cos(k\omega_1 t) d\omega_1 t. \quad (4.27)$$

$$B_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_d(t) \sin(k\omega_1 t) d\omega_1 t. \quad (4.28)$$

Підставивши значення випрямленої напруги одержимо значення коефіцієнтів для першої гармоніки:

$$\begin{aligned} A_k &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} -U_{\phi m} \sin(\omega_1 t) \cos(\omega_1 t) d\omega_1 t + \\ &+ \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_{\phi m} \sin(\omega_1 t) \cos(\omega_1 t) d\omega_1 t = \frac{U_{\phi m}}{2\pi} (\cos 2\alpha - 1); \end{aligned} \quad (4.29)$$

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} -U_{\phi m} \sin(\omega_1 t) \sin(\omega_1 t) d\omega_1 t +$$

$$+ \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_{\phi m} \sin(\omega_1 t) \sin(\omega_1 t) d\omega_1 t = \frac{U_{\phi m}}{2\pi} (\sin 2\alpha + \pi - 2\alpha). \quad (4.30)$$

Амплітуда першої гармоніки:

$$U_{1m} = \sqrt{A^2 + B^2} = \frac{U_{\phi m}}{2\pi} \sqrt{(\cos 2\alpha)^2 + (\sin 2\alpha + \pi - 2\alpha)^2}. \quad (4.31)$$

Початкова фаза першої гармоніки:

$$\phi_k = \arctg \frac{A_1}{B_1} = \arctg \frac{\cos 2\alpha - 1}{\sin 2\alpha + \pi - 2\alpha}. \quad (4.32)$$

Під дією змінної е.р.с. амплітуда, якої рівна U_{1m} , буде протікати струм з амплітудою:

$$I_{1m} = \frac{U_{1m}}{\sqrt{R_d^2 + (\omega_1 L_d)^2}}. \quad (4.33)$$

Спадання напруги на навантаженні від струму I_{1m} буде складати:

$$U'_{1m} = \frac{U_{km} \cdot R_d}{\sqrt{R_d^2 + (\omega_1 L_d)^2}}. \quad (4.34)$$

Якщо зневажити активним опором обмотки дроселя, що згладжує, то постійна складова напруги на навантаженні буде дорівнює середньому значенню напруги на виході випрямляча. Отже, коефіцієнт пульсації на навантаженні запишеться в такий спосіб:

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.160159.000.03MP.ПЗ					

$$\beta = \frac{U_{1m}}{U_d} = \frac{U_{1m} \cdot R_d}{U_d \cdot \sqrt{R_d^2 + (\omega_1 L_d)^2}}. \quad (4.35)$$

Величина індуктивності навантаження визначається по формулі:

$$L_d = \frac{R_d}{\omega_1} \sqrt{\left(\frac{U_{1m}}{\beta U_d}\right)^2 - 1}. \quad (4.36)$$

Коефіцієнт пульсацій напруги дорівнює коефіцієнту пульсацій струму в навантаженні, якщо навантаження активне. У нашому випадку в якості навантаження виступає двигун постійного струму, тому замість R_d підставляємо відношення $\frac{U_d}{I_d}$. Пульсації струму навантаження не повинні погіршити комутацію двигуна, а тому що іскріння під щітками враховується зі збільшенням струму, то при розрахунку індуктивності реакторів будемо у формулу підставляти номінальний струм тиристора, відповідний до номінального струму двигуна:

$$I_{di} = \frac{I_{ном}}{3}. \quad (4.37)$$

Машини постійного струму, призначені для живлення від перетворювачів, характеризуються більшими припустимими пульсаціями струму якоря (коефіцієнт пульсацій $q=0,15 \dots 0,45$). Приймаємо коефіцієнт пульсацій $q=0,15$.

Оскільки криві випрямленої напруги кожного тиристора однакові за формою й зрушені відносно один одного на кут 120 електричних градусів, то при $q=0,15$ припустимий коефіцієнт пульсацій напруги кожного тиристора рівний:

$$\beta = 3 \cdot q. \quad (4.38)$$

При наявності індуктивного фільтра вимога непереривчастості випрямленого струму виконується, якщо амплітуда змінної складової цього

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму буде менше його постійної складової:

$$\frac{U_d}{R_d} > \frac{U_{1m}}{\sqrt{R_d^2 + (\omega_1 L_d)^2}} \quad (4.39)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує наявність гармонік більш високого порядку в кривій випрямленої напруги, $k_3 = 1,2$ [11].

Перетворивши вираження (4.39) відносно L_d одержимо:

$$L_d = \frac{R_d}{\omega_1} \sqrt{\left(\frac{U_{1m} \cdot k_3}{U_d}\right)^2 - 1} \quad (4.40)$$

Замість R_d підставимо вираження $\frac{U_d}{I_{dcp}}$, де I_{dcp} – граничне значення безперервного струму, яке приймається рівним:

$$I_{dcp} = 0,1 \cdot I_{di} \quad (4.41)$$

Приймаємо для розрахунку режим при якому $\frac{U_{1m}}{U_d} = 3$, тому що при більшому куті регулювання α робота привода в режимі, що встановився, при споживанні струму I_{dcp} менше малоїмовірна. Із цього випливає, що при роботі двигуна у сталому режимі, струм I_{dcp} більший. Оптимальний кут регулювання рівний 60° .

Максимальне значення індуктивності, розраховане для обмеження зони переривчастих струмів і згладжування пульсацій випрямленого струму, визначається по формулі:

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_d = \frac{U_{d0} \cos 60^0}{I_{d2p} \cdot w_1} \sqrt{\left(\frac{U_{1m} \cdot k_3}{U_d}\right)^2 - 1}. \quad (4.42)$$

$$L_d = \frac{514,8 \cdot \cos 60^0}{24 \cdot 1885} \sqrt{(3 \cdot 1,2)^2 - 1} = 0,0198 \text{ Гн.}$$

Визначимо індуктивність обмотки якоря:

$$L_{\text{я}} = k \frac{30 \cdot U_{\text{НОМ}}}{\pi \cdot I_{\text{НОМ}} \cdot n_{\text{НОМ}} \cdot p}, \quad (4.43)$$

де p – число пар полюсів;

k – поправочний коефіцієнт, $p=2$, $k=1$ [8].

$$L_{\text{я}} = 1 \cdot \frac{30 \cdot 463}{3,14 \cdot 720 \cdot 585 \cdot 2} = 0,00525 \text{ Гн.}$$

Індуктивність згладжуючого реактора:

$$L_p = \frac{L_d - L_{\text{я}}}{2}. \quad (4.44)$$

$$L_p = \frac{0,0198 - 0,00525}{2} = 0,0073 \text{ Гн.}$$

Перетворювач кола збудження випробуваних двигунів виконаний у вигляді однофазного мостового напівкерowanego випрямляча. Використовуючи методику розрахунку величин, що характеризують напівпровідникові прилади, наведену в попередньому розділі, і основні розрахункові співвідношення схем випрямлення визначили в цьому перетворювачі необхідно застосувати оптронно-тиристорні модулі МДТО100 і діодні модулі 2Д141-100(X)-6, з охолоджувачами 0143-150.

Обмотка збудження тягових електродвигунів має індуктивність набагато більшу, ніж обмотка збудження привідного двигуна, тому для згладжування

										Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.160159.000.03MP.ПЗ					

пульсацій додаткові реактори не потрібні. Однак, якщо три випрямні однофазні мости з'єднати паралельно без реакторів, то більша напруга одного моста буде замикає вентилі інших мостів, кожний вентиль буде працювати третину періоду й схема перетвориться в трифазний мостовий випрямляч, а напруга на навантаженні стане рівною $2,34U_{\phi}$ (при $\alpha = 0$). Для виключення цього явища послідовно з кожним мостом необхідно ввімкнути по реактору на сторону анодів і сторону катодів вентилів. Індуктивність таких реакторів повинна становити не менше 0,00028 Гн.

4.3 Розрахунок живильної випрямної установки

Для випрямлення струму під час випробувань служить випрямна установка.

Вихідні дані до розрахунку

діюче значення випрямленої напруги	$U_d = 750$ В.
випрямлений струм	$I_d = 6000$ А.
вентиль типу	ДЛ153
клас вентиля	20

Технічні характеристики вентиля

максимальна зворотна напруга	$U_{RRM} = 1600-2000$ В;
максимальний зворотний струм	$I_{RRM} = 50$ мА;
середній прямиий струм	$I_F = 2000$ А;
порогова напруга вентиля	$U_{T0} = 1,00$ В;
усереднений динамічний опір прямої гілки	$r_T = 0,030$ мОм;
вольт-амперної характеристики	

Тепловий опір з'єднань

перехід – корпус приладу	$R_{thic} = 0,02$ °С/Вт ;
корпус приладу – контактна поверхня охолоджувача	$R_{thch} = 0,005$ °С/Вт;

Охолоджувач типу О253

тепловий опір контактна поверхня	$R_{thja} = 0,01$ °С/Вт;
----------------------------------	--------------------------

охолоджувача – охолоджуюче середовище

Базова випрямна установка призначена для перетворення змінної напруги в регульовану напругу постійного струму.

4.3.1 Розрахунок кількості вентилів у випрямній установці

Тип вентиля і його параметри суттєво впливають на енергетичні й техніко-економічні показники силової випрямної установки. При проектуванні випрямних установок необхідно застосовувати вентиля з найбільш високими показниками по струму й зворотній напрузі для того, щоб загальне число вентилів було по можливості менше.

Кількість послідовно з'єднаних вентилів у плечі випрямляча визначається:

$$n_{noc} = \frac{k_n \cdot k_n U_{зв.мах}}{k_с U_n}, \quad (4.45)$$

де $U_{зв.мах}$ – максимальне значення зворотної напруги яка прикладається до плеча випрямної установки;

U_n – номінальна зворотна напруга вентиля, дорівнює добутку класу вентиля на 100, $U_n = 20 \cdot 100 = 2000$ В;

k_n – коефіцієнт нерівномірності розподілу напруги по послідовно включених вентилях;

k_n – коефіцієнт можливих перенапруг;

$k_с$ – коефіцієнт зворотної напруги, що короткочасно допускається, на вентилі.

Максимальна зворотна напруга прикладена до плеча випрямної установки:

$$U_{зв.мах} = k_{зв} U_d, \quad (4.46)$$

де $k_{зв}$ – коефіцієнт що залежить від типу випрямляча для трифазного мостового

									Арк.
									58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0032.160159.000.03MP.ПЗ

випрямляча, $k_{зв} = 1,05$;

U_d – номінальна випрямлена напруга на виході перетворювача.

$$U_{зв.мах} = 1,05 \cdot 750 = 787,5 \text{ В.}$$

$$n_{нос} = \frac{1,05 \cdot 787,5}{1 \cdot 2000} = 0,41.$$

Приймаємо $n_{нос} = 2$ вентиля.

Проектна тепловозна випрямна установка складається з 2-х паралельно з'єднаних трифазних моста, для яких:

$$I_{d1} = \frac{I_{норм}}{1}; \quad (4.47)$$

$$I_{d1} = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ А.}$$

Середній струм у плечі моста визначається залежно від типу випрямної установки на основі аналізу роботи перетворювача. Для трифазного мостового перетворювача:

$$I_{cp} = 0,33 \cdot I_{d1}; \quad (4.48)$$

$$I_{cp} = 0,33 \cdot 3000 = 990 \text{ А.}$$

Через розбіжність вольт-амперних характеристик вентилів навантаження між паралельними вентилями може розподілятися нерівномірно, що викликає необхідність додаткового зниження припустимого струму через вентиль. Враховуючи цю обставину тривале припустиме середнє значення струму через вентиль визначають по формулі:

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\theta} = I_{\text{вном}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (4.49)$$

де $I_{\text{вном}}$ – максимальний допустимий середній прями́й струм через вентиль, який для вентиля типу ДЛ153 становить $I_{\text{вном}} = 2000 \text{ А}$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу струму по паралельно з'єднаних вентилях приймаємо $k_1 = 0,8 - 0,9$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує температуру охолоджувального повітря, $k_3 = 1$.

$$I_{\theta} = 2000 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1440 \text{ А.}$$

Кількість паралельних ланок у плечі випрямної установки:

$$n_{\text{нар}} = \frac{I_{\text{ср}}}{I_{\theta}}; \quad (4.50)$$

$$n_{\text{нар}} = \frac{940,5}{1440} = 0,825.$$

Приймаємо $n_{\text{нар}} = 1$ ланку.

Уточнення параметрів діоду для конкретних умов в А:

$$I_{\theta} = \frac{I_{\text{сеп}}}{I_{\text{нар}}}; \quad (4.51)$$

$$I_{\theta} = \frac{990}{1} = 990 \text{ А.}$$

Загальна кількість венти́лів випрямної установки:

$$N = n_{\text{мост}} \cdot n_{\text{плеч}} \cdot n_{\text{нос}} \cdot n_{\text{нар}}, \quad (4.52)$$

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.160159.000.03MP.ПЗ				

де $n_{\text{мост}}$ – кількість паралельно включених випрямних мостів;

$n_{\text{плеч}}$ – кількість плечей у випрямній установці локомотива.

$$N = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 12 \text{ вентилів.}$$

Отже у випрямній установці, яку ми проектуємо кількість вентилів – 12 штук, що не тільки суттєво покращує показник надійності в цілому, але й значно спростить обслуговування даного агрегату.

4.3.2 Розрахунок ккд випрямної установки

Коефіцієнт корисної дії випрямної установки:

$$\eta = \frac{P_d}{P_d + \Sigma \Delta P + \Delta P_{\text{охл}}}, \quad (4.53)$$

де P_d – потужність на виході випрямної установки.

$$P_d = U_d \cdot I_d; \quad (4.54)$$

$$P_d = 750 \cdot 6000 = 4500 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{\text{охл}} = \Delta p \cdot P_d;$$

$$\Delta P_{\text{охл}} = 0,005 \cdot 4500 = 21,4 \text{ кВт.}$$

де $\Delta P_{\text{охл}}$ – потужність втрат на вентиляцію визначається дослідним шляхом;

$\Sigma \Delta P$ – втрати потужності в N вентилях.

$$\Sigma \Delta P = \Delta P \cdot N, \quad (4.55)$$

де ΔP – втрати потужності в одному вентилі:

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.160159.000.03МР.ПЗ				

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (4.56)$$

де ΔP_1 – втрати потужності при проходженні прямого струму навантаження;
 ΔP_2 – додаткові втрати потужності при комутації вентилів протягом
 непровідної частини періоду.

Основні втрати в одному вентилі:

$$\Delta P_1 = U_{T^o} \cdot I_{\phi} + r_T \cdot k_{\phi}^2 \cdot I_{\phi}^2, \quad (4.57)$$

де r_T – усереднений динамічний опір прямої гілки вольт-амперної
 характеристики; $r_T = 0,684$ мОм;

k_{ϕ} – коефіцієнт форми струму, приймаємо $k_{\phi} = 1$;

U_{T^o} – гранична напруга вентиля; $U_{T^o} = 0,92$ В.

$$\Delta P_1 = 1,00 \cdot 990 + 0,030 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 \cdot 990^2 = 967 \text{ Вт.}$$

Додаткові втрати у вентилі:

$$\Delta P_2 = \Delta P_{21} + \Delta P_{22}, \quad (4.58)$$

де ΔP_{21} – втрати у вентилі при протіканні зворотного струму;

ΔP_{22} – втрати, пов'язані з комутацією вентилів.

Втрати потужності у вентилі при протіканні зворотного струму можуть
 бути обчислені в такий спосіб:

$$\Delta P_{21} = I_{RRM} \cdot U_{зв.мах}, \quad (4.59)$$

де I_{RRM} – початковий зворотний струм через вентиль;

U_{RRM} – значення імпульсної зворотної напруги на вентилі.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{21} = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 = 100 \text{ Вт.}$$

Так як частота комутації вентилів не перевищує 400 Гц, то $\Delta P_{22} = 0 \text{ Вт.}$

$$\Delta P_2 = 100 + 0 = 100 \text{ Вт;}$$

$$\Delta P = 967 + 100 = 1067 \text{ Вт;}$$

$$\Sigma \Delta P = 1067 \cdot 12 = 12804 \text{ Вт;}$$

$$\eta = \frac{4500}{4500 + 12,8 + 21,4} = 0,992.$$

4.4 Програма приймально-здавальних випробувань

Приймально-здавальні випробування тягових електродвигунів типу ТЕ-006 проводять на іспитовій станції для перевірки їх номінальних даних, якості ремонту й придатності їх до експлуатації.

Перед проведенням випробувань тягових електродвигунів необхідно провести перевірку стану колектора, щіткового апарата, якості притирання щіток, правильність маркування й розташування вивідних кабелів, схеми з'єднання обмоток. Провертанням вручну переконатися у вільному обертанні якоря, відсутності стукотів у підшипниках.

Приймально-здавальні випробування тягових електродвигунів типу ТЕ-006 проводити по програмі й у послідовності яка наведена нижче.

Виміряти опір ізоляції обмоток відносно корпусу й між собою в холодному стані, який повинний бути не менш 20 МОм. Виміри виконувати мегаомметром М4100/4.500 ДЕРЖСТАНДАРТ 23706 – 79.

Виміряти биття колектора тягового електродвигуна в холодному стані. Величина биття не повинна перевищувати 0,03 мм.

					0032.160159.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Виміряти омичний опір обмоток у холодному стані, який не повинен відрізнятися більш, ніж на 10% убік збільшення або зменшення від наступних номінальних значень:

- якоря 0,00766 Ом;
- головних полюсів 0,00733 Ом;
- додаткових полюсів 0,00471 Ом.

Виміри омичного опору роботи подвійним мостом МД-6 або способом амперметра й вольтметра з використанням приладів класу точності не нижче 0,5.

Перед початком випробувань на нагрівання перевірити роботу тягового електродвигуна на холостотму ході протягом 30 хвилин при частоті обертання 350 хв^{-1} (режим I). При цьому перевіряється робота підшипників, визначається їхній можливий перегрів, відбувається приробіток щіток. Притерта поверхня щітки повинна становити не менш 75% усієї її робочої поверхні.

Після випробування на нагрівання зробити перевірку його роботи на холостому ході протягом 1 години при частоті обертання 1950 хв^{-1} (режим II). При цьому температура підшипників не повинна перевищувати 95°C .

Випробування на нагрівання тягових електродвигунів проводити на стенді взаємного навантаження. Випробування проводити на стенді без подачі охолоджувального повітря при відкритих люках протягом 1 години на наступному режимі: напруга 200 В, струм 600 А.

У процесі випробування постійно контролювати силу струму, робочу напругу, частоту обертання. Після завершення випробування не пізніше чим через хвилину від моменту відключення, визначити температуру обмоток методом опору. Перевищення температури обмоток над температурою навколишнього середовища визначити по формулі:

$$\tau = \frac{R_2 R_x}{R_x} (235 + t_2) \quad (4.60)$$

де R_2 – опір обмотки в нагрітому стані, Ом;

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R_x – опір обмотки в холодному стані, Ом;

t_x – температура навколишнього середовища, °С.

Гранично припустимі перевищення температури частин тягових електродвигунів ТЕ-006:

- якоря 120°С;
- головних полюсів 130°С;
- додаткових полюсів 130°С;
- колектора 95°С;
- підшипників 55°С.

Перевірити швидкісні характеристики тягових електродвигунів при обертанні якорів в обох напрямках і номінальному навантаженню безпосередньо після проведення випробування на нагрівання. Частота обертання повинна становити 295 хв⁻¹. Відхилення дійсної частоти обертання від номінальної не повинне перевищувати більш 4% убік збільшення або зменшення. Різниця між фактичною частотою обертання одного напрямку обертання й частотою обертання іншого напрямку не повинна перевищувати 3% середньоарифметичного обох частот обертання.

Виконати випробування тягових електродвигунів на підвищену частоту обертання 2850 хв⁻¹ протягом 2 хвилин. Після випробування не повинне бути витріщання колекторних пластин, розмотування й ослаблення бандажа, пошкодження в підшипниках.

Перевірити комутацію тягових електродвигунів протягом 30 секунд кожного напрямку обертання при наступних режимах:

- I режим 1130 А, 130 В;
- I режим (по напрузі) 283 В, 2420 хв⁻¹.

Другий режим випробування тягових електродвигунів виконувати на холостому ході.

Перевірка якості комутації проводиться візуально по ступеню іскріння під

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

краями щіток. Допускається ступінь іскріння вище 1,5 бала за ДСТ 183 – 74.

Вважати тяговий двигун, що витримав випробування по комутації, якщо не з'явився коловий вогонь, ступінь іскріння не перевищує припустиме значення, колектор придатний до роботи без зачищення або яких-небудь виправлень.

Перевірити биття колектора в гарячому стані, який не повинне перевищувати 0,05 мм.

Виміряти опір ізоляції обмоток у гарячому стані. Виміри проводити при відключених від випробувального стенда тягових електродвигунах. Опір ізоляції обмоток у гарячому стані повинен бути не менш 1,5 МОм.

Виміряти рівень вібрації тягових електродвигунів. Виміри робити вібрографом на підшипникових щитах у верхній точці з боку колектора й з боку, протилежної колектору, при частоті обертання 2850 хв^{-1} на холостому ході. Вібрація повинна бути в межах 0,03 – 0,04 мм.

Переставити тягові електродвигуни зі стенда взаємного навантаження на випробувальне поле й зробити перевірку міцності електричної ізоляції обмоток щодо корпусу в гарячому стані напругою 1800 В змінного струму частотою 50 Гц протягом 1 хвилини. Випробування на установці проводити згідно з інструкцією до неї.

Випробування починати з напруги, що не перевищує $1/3$ заданої величини. Час підвищення випробувальної напруги до повного значення не повинне перевищувати 10 с. Витримати напруга протягом 1 хвилини, після чого плавно знизити до $1/3$ його значення й виключити установку.

Під час проведення випробування стежити за показаннями високовольтного вольтметра установки. Відхилення стрілки приладу до нульового значення й спрацьовування захисту свідчать про пробій ізоляції.

Оглянути тягові електродвигуни після випробувань. Електрична машина повинна задовольняти наступним умовам:

– колектор повинен мати гладку, поліровану поверхню, без подряпин, слідів підгару й перегріву;

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- робоча частина щіток повинна мати гарне “дзеркало”, щітки не повинні мати відколів, слідів підгару й перегріву;
- потемніння шунтів не допускається;
- якір не повинен мати слідів викиду лаку;
- у місцях з'єднання колектора з обмоткою якоря не повинне бути слідів розпаювання й викиду припою;
- болтові з'єднання не повинні мати ослаблень;
- бандажі не повинні мати ослаблення й порушення цілісності;
- ізоляція обмоток не повинна мати слідів механічних або електричних пошкоджень;
- кріплення балансувальних вантажів повинне бути надійним, а їх положення незмінним.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ГРАФІКА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Одним з важливих техніко-економічних показників організації виробничого процесу ремонту виробу є виробничий цикл. Тривалість виробничого циклу – це час, на протязі якого деталь, вузол чи тепловоз у цілому проходить усі стадії виробничого процесу від початку першої операції до закінчення останньої, тобто до випуску готової продукції [1].

Виробничий цикл можна визначити у відношенні різних предметів праці і різних ділянок тепловозоремонтного виробництва. Так можна розглядати виробничий цикл ремонту чи виготовлення окремої деталі. А також виробничий цикл партій деталей, як у нашому випадку – тягового електродвигуна.

До числа стадій обробки предметів праці відносяться: очистка і обмивання тепловозів та їх частин; сортування деталей по ознаці придатності; відновлення несправних та заготовлення нових деталей; комплектування деталей та складання вузлів; ремонт та складання дизеля; випробування та здача відремонтованого вузла.

Тривалість виробничого циклу визначається в одиницях календарного часу – в календарних днях та годинах, що наявно показано на графіку виробничого процесу ремонту ТЕД.

Тривалість виробничого циклу складається з робочого періоду та часу перерв у виробничому процесі. Робочий період, в свою чергу, складається з часу технологічних операцій, часу на транспортування виробів у процесі виробництва та виконання контрольних операцій, а також часу природних процесів (остигання, сушіння).

Слід згадати, що розрізняють три види організації виробничого процесу в часі: послідовний, паралельний та змішаний, або паралельно-послідовний. Даний графік належить до послідовно-паралельного виду організації виробничого процесу.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Розробка графіку організації виробничого процесу

Номер події	Перелік робіт	Кількість працівників	Тривалість роботи	Трудо-місткість роботи
1	2	3	4	5
0 – 1	Подати тяговий електродвигун на розбирання	1	0,4	0,4
1 – 2	Витиснути підшипникові щити, вийняти і очистити якір, виявити дефекти	1	2,7	2,7
2 – 3	Розбандажувати якір, обрізати секції, вийняти секції і зрівнювальні з'єднання	1	2,6	2,6
3 – 4	Передати якір у відділення ремонту якорів	1	0,2	0,2
4 – 5	Спресувати колектор, відремонтувати і здати в ВТК	1	7,3	7,3
5 – 6	Пластини якоря відремонтувати з перегородкою	1	5,8	5,8
6 – 7	Напресувати колектор на якір	1	0,5	0,5
7 – 7'	Випробувати колектор і подати якір на укладання секцій	1	0,4	0,4
7' – 8	Фіктивна робота	-	0,7	-
4 – 9	Передати секції в секційне відділення	3	0,2	0,6
9 – 10	Відремонтувати секції з ізольованим просоченням, опресовуванням і перевіркою. Здати в ВТК	2	14,6	29,2
10 – 8	Подати секції на укладання	1	0,1	0,1
8 – 11	Укласти обмотки, підігріти якір, обложити секції, заклинити обмотки	1	8,4	8,4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03MP.ПЗ

Арк.

69

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
11 – 12	Виконати пропаювання, бандажування і просочення якоря	3	10,6	31,8
12 – 13	Випробувати якір, провести механічну обробку, здати в ВТК	1	8,0	8,0
13 – 33	Передати якір на складання	1	0,3	0,3
2 – 14	Підшипникові щити і кришки очистити, визначити дефекти і виконати наплавлювальні роботи	1	7,3	7,3
14 – 15	Провести механічну обробку щитів і кришок	1	3,4	3,4
15 – 16	Відремонтувати щити і кришки	1	1,5	1,5
16 – 16'	Передати щити і кришки на складання	1	7,2	7,2
16' – 32	Фіктивна робота	-	22,2	-
2 – 17	Очистити статор з котушками і розібрати магнітну систему	1	5,2	5,2
17 – 18	Подати остов у відділення ремонту остовів	1	0,2	0,2
18 – 19	Визначити дефекти в остові і виконати наплавлювальні роботи	1	4,8	4,8
19 – 20	Провести механічну обробку остова	1	5,8	5,8
20 – 21	Виконати слюсарний ремонт остова	1	3,8	3,8
21 – 21'	Подати остов на збирання магнітної системи	1	0,4	0,4
21' – 32	Фіктивна робота	-	21,4	-
18 – 22	Подати котушки в котушково-секційне відділення	1	4,8	4,8
22 – 23	Зняти ізоляцію з котушок, провести випалення, домотку котушок, приварювання виводів, паяння замків	1	5,5	5,5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03МР.ПЗ

Арк.

70

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
23 – 24	Ізолювати котушки	1	21,6	21,6
24 – 25	Ізолювати, пропаяти і зафарбувати виводи	1	3,4	3,4
25 – 25'	Подати котушку на збирання магнітної системи	1	0,3	0,3
25' – 32	Фіктивна робота	-	4,9	-
18 – 26	Подати щіткотримач для ремонту	1	5,0	5,0
26 – 27	Очистити і відремонтувати щіткотримачі	1	3,5	3,5
27 – 27'	Подати щіткотримачі на складання	1	3,5	3,5
27' – 32	Фіктивна робота	-	24,2	-
19 – 28	Подати полюсні сердечники на ремонтну ділянку	1	5,0	5,0
28 – 29	Полюсні сердечники відремонтувати і здати в ВТК	1	3,5	3,5
29 – 29'	Передати полюсні сердечники на складання	1	1,0	1,0
29' – 32	Фіктивна робота	-	21,9	-
18 – 30	Подати кабелі і сполучні шини для ремонту	1	0,8	0,8
30 – 31	Відремонтувати кабелі і сполучні шини. Здати в ВТК	1	1,5	1,5
31 – 31'	Передати кабелі і сполучні шини на складання	1	2,0	2,0
31' – 32	Фіктивна робота	-	31,9	-
32 – 33	Навісити магнітну систему і перевірити	2	3,4	6,8
33 – 34	Скласти повністю електродвигун	3	3,6	10,8
34 – 35	Встановити електродвигун на стенді і випробувати його	3	3,6	10,8
35 – 36	Підготувати електродвигун для здачі після випробування. Здати в ВТК.	1	3,0	3,0

$\Sigma=230,7$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.160159.000.03МР.ПЗ

Арк.

71

З урахуванням пропозицій, які наведені в попередніх розділах тривалість роботи та трудомісткість роботи прогнозовано зменшаться. Орієнтовні дані зводимо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розробка удосконаленого графіку організації виробничого процесу

Номер події	Перелік робіт	Кількість працівників	Тривалість роботи, факт	Трудомісткість роботи, факт
			прогноз	прогноз
1 – 2	Витиснути підшипникові щити, вийняти і очистити якір, виявити дефекти	1	2,7/2,0	2,7/2,0
2 – 14	Підшипникові щити і кришки очистити, визначити дефекти і виконати наплавлювальні роботи	1	7,3/2,3	7,3/2,3
14 – 15	Провести механічну обробку щитів і кришок	1	3,4/2,4	3,4/2,4
2 – 17	Очистити статор з котушками і розібрати магнітну систему	1	5,2/3,2	5,2/3,2
18 – 19	Визначити дефекти в остові і виконати наплавлювальні роботи	1	4,8/2,8	4,8/2,8
19 – 20	Провести механічну обробку остова	1	5,8/2,8	5,8/2,8
20 – 21	Виконати слюсарний ремонт остова	1	3,8/3,0	3,8/3,0
Сума			33,0/18,5	33,0/18,5

Скорочення тривалості роботи та трудомісткості роботи для загального ремонту сягає

$$\Delta = \frac{33 - 18,5}{230,7} \cdot 100 = 6,3\%.$$

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СТЕНДУ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА МЕТОДОМ ВЗАЄМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

В сучасних умовах збільшення обсягів перевезень та зростання вартості споживаних ресурсів, забезпечення стійкого фінансового становища залізниць нерозривно пов'язане з рішенням проблеми ресурсозбереження – головного джерела економії експлуатаційних витрат.

Кожна галузь залізниці представляє конкретні заходи щодо ресурсозбереження та програму їх реалізації.

Впровадження на залізничному транспорті новітніх технологій, що забезпечують перетворення потенційних досягнень науково-технічного прогресу в реальні, як правило, пов'язано із проблемами ресурсозбереження [5], тобто раціоналізації використання всіх видів матеріальних, технічних, трудових, вартісних (фінансових) і інших ресурсів.

В сучасних умовах недостатньо здійснювати раціоналізацію інвестиційної діяльності. Економічний вплив на виробництво повинен починатися з оцінки техніко-економічної ефективності впроваджень, що охоплюють всі стадії структурного циклу науково-технічного прогресу: наукові розробки з фундаментальними, прикладними дослідженнями й проектно-конструкторськими роботами – впровадження нововведень (з освоєнням і випуском) – суспільне споживання (з реалізацією нововведення й наступною його експлуатацією). При цьому необхідно враховувати тривалість інноваційного періоду. На залізничному транспорті така оцінка повинна відбивати як особливості різних господарств і служб, так і забезпечувати комплексність оцінки всього єдиного господарського механізму галузі. Завдання ускладнюється багатоваріантністю підходів й альтернативність рішень у різних частинах залізничної транспортної системи, невизначеністю результатів, необхідністю обліку різноманітних факторів (соціальних, екологічних й ін.). Наявність у ринкових умовах розгалуженої системи забезпечення інноваційного процесу з різними джерелами фінансування

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(власні, позикові, притягнуті, централізовані кошти підприємств галузі й ін.) різними методами інвестування (бюджетного, фондового, кредитний, самофінансування й т.п.) припускає, що при оцінці техніко-економічної ефективності ресурсозберігаючих впроваджень останні доцільно класифікувати за рівнем значимості [6]: загально-галузеві, регіональні, місцеві. У загальному виді ефективність використання ресурсозберігаючих інновацій на залізничному транспорті припускає одержання наступних видів ефекту:

- економічний (показники враховують у вартісному вираженні всі види результатів і витрат, обумовлених реалізацією впровадження);
- науково-технічний (показники відбивають новизну, простоту, корисність, естетичність, компактність впровадження);
- фінансовий (розрахунок показників базується на визначенні фінансових показників):
 - ресурсний (показники відбивають вплив вкладень на обсяг виробництва й споживання того або іншого виду ресурсу);
 - соціальний (показники враховують соціальні результати реалізації впровадження);
 - екологічний (показники враховують вплив впровадження на навколишнє середовище).

Показники ефекту визначаються залежно від періоду часу, тривалість якого залежить від тривалості інновації, циклу, строку служби об'єкта, ступеня вірогідності вихідної інформації.

Загальним принципом оцінки ефективності впровадження є порівняння ефекту (результату) і витрат. Відношення результату до витрат може виражатися в натуральних і вартісних показниках.

У цілому проблема визначення економічного ефекту й вибору кращого варіанта реалізації вкладень вимагає, з одного боку, перевищення кінцевих результатів від їхнього використання над витратами на розробку, виготовлення й реалізацію, а з іншого – порівняння отриманих при цьому результатів з

						0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
							74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

результатами від застосування інших аналогічних по призначенню варіантів. Особливо важливо швидко оцінку й вибір варіанта здійснювати там, де використовують прискорену амортизацію, при якій строки заміни діючих машин, механізмів й устаткування на нове істотно скорочуються.

В умовах реформування залізничного транспорту України виникає гостра потреба в розробці окремої галузевої методики з оцінки ефективності ресурсозберігаючих інноваційних проектів з розробкою відповідної нормативної бази на різних стадіях капіталовкладень .

Визначення техніко-економічної ефективності організаційно-технічних новин, які пов'язані з впровадженням нових технологій, є необхідним не тільки покращання якісних і кількісних показників ремонту, але і зменшення собівартості продукції.

Через відсутність можливості проведення випробувань тягових електродвигунів за повною програмою неможливо відповідати за якість ремонту, що спричиняє за собою відмови тягових електродвигунів між плановими ремонтами. Внаслідок цього в рік відбувається в середньому дванадцять поломок тягових електродвигунів, що складає 2% по відношенню до планового числа ремонтів, яке складає 720 електродвигунів в рік.

При упровадженні стенду заводських випробувань тягових електродвигунів по методу взаємного навантаження з покриттям сумарних втрат механічним способом кількість відмов можна скоротити удвічі, що складе шість тягових електродвигунів.

Розглянувши витрати на ремонт одного тягового електродвигуна (табл. 6.1) можна визначити витрати на ремонт шести тягових електродвигунів, що відмовили.

Економічна ефективність від впровадження стенду заводських випробувань тягових електродвигунів по методу взаємного навантаження з покриттям сумарних втрат механічним способом є різницею між витратами на ремонт тягових електродвигунів, що відмовили, і капіталовкладеннями.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Таблиця 6.1 – Планова калькуляція витрат по ремонту тягових електродвигунів циклом ПР-3

Витрати	Вартість, грн
Основна зарплата виробничих робітників З	10752
Вислуга років 20%	2148
Доплата за проммайстерність 4%	432
Премія 30%	3228
Відпускні 13%	1392
Разом заробітної платні	17952
Матеріали і запасні частини	7200
Паливо і електроенергія	1080
Всього вартість продукції, робіт, послуг	26232

Трудомісткість ремонту тягового електродвигуна складає $q=197$ люд.год.

Розрахуємо заробітну плату слюсаря

$$З = C \cdot q, \quad (7.1)$$

де C – тарифна ставка слюсаря 4 розряду, $C=62,51$ грн.

$$З = 62,51 \cdot 197 = 10752 \text{ грн.}$$

Розраховуємо економічний ефект E

$$E = n \cdot c - K, \quad (7.2)$$

де n – кількість ремонтів тягових електродвигунів;

c – вартість ремонту одного тягового електродвигуна;

K – об'єм капіталовкладень (вартість модернізації стенду), $K=90000$ грн.

Визначимо кількість тягових електродвигунів, після ремонту яких відбудеться окупність стенду випробування ($E=0$)

						0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
							76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$n \cdot c - K = 0; \quad (7.2)$$

$$T_{ок} = \frac{K}{c}; \quad (7.3)$$

$$T_{ок} = \frac{90000}{26232} = 3,43.$$

Можна зробити висновок, що удосконалення стенду заводських випробувань тягових електродвигунів по методу взаємного навантаження з покриттям втрат механічним способом приведе не тільки до скорочення матеріальних витрат на ремонт, але і дозволить покращити якість ремонту, а також зменшити відсоток відмов тягових електродвигунів. Строк окупності модернізації стенду завершиться після ремонту чотирьох тягових електродвигунів, що надійшли на ремонт за неплановими ремонтами.

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дипломної роботи, основним завданням якої поставлено удосконалити технологію ремонту тягових електродвигунів в умовах ЛРЗ, ми розглянули такі питання.

При аналізі експлуатаційних умов роботи та характеристики пошкоджень тягових електродвигунів визначили, що механічні впливи значно погіршують показники експлуатаційної надійності магнітних систем ТЕД. Тому, якщо немає змоги покращити умови роботи тягових двигунів в цілому необхідно покращити процес ремонту, проводити заміну старих ізоляційних матеріалів більш новішими та надійнішими.

В огляді організації поточного ремонту ПР-3 тягових електродвигунів за потоковим методом ми приділили увагу підігріву і сушці електричних машин, обрали спосіб складання і розбирання тягових електродвигунів, склали схему роботи потокової лінії по ремонту тягових електродвигунів та обрали транспортні засоби для надійної роботи потокової лінії.

При огляді технології ремонту тягового електродвигуна ми запропонували модернізувати існуюче та впровадити в процес нове обладнання для удосконалення ремонту, підвищення надійності та зменшення кількості непланових ремонтів через раптові відмови ТЕД.

Особливу увагу ми приділили післяремонтним випробуванням ТЕД. Для цього виконали удосконалення стенду заводських випробувань тягових електродвигунів за методом взаємного навантаження з покриттям втрат механічним способом. Ми проаналізували наявну електричну схему стенду з обладнанням, обрали привідний електродвигун, підібрали напівпровідникові прилади перетворювача збудження приводного та випробуваних електродвигунів. Розрахували живильну випрямну установку, яка забезпечить підвищену потужність, удосконалили програму приймально-здавальних випробувань.

При розробці графіка організації виробничого процесу ми порівняли існуючу технологію ремонту із запропонованою. З урахуванням пропозицій,

					0032.160159.000.03MP.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

удосконалення технологічних процесів ремонту тривалість роботи та трудомісткість роботи прогнозовано зменшиться. Скорочення тривалості роботи та трудомісткості роботи для загального ремонту сягає 6%.

Для удосконаленого стенду випробувань тягових електродвигунів за методом взаємного навантаження ми розрахували економічну ефективність. удосконалення стенду з покриттям втрат механічним способом приведе не тільки до скорочення матеріальних витрат на ремонт, але і дозволить покращити якість ремонту, а також зменшити відсоток відмов тягових електродвигунів. Строк окупності модернізації стенду завершиться після ремонту чотирьох тягових електродвигунів, що надійшли на ремонт за неплановими ремонтами

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Расчетные нормативы и справочные данные для технологического проектирования основных цехов тепловозоремонтного завода: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Составители: Е.Г. Нечаев, Н.П. Довбня. – Часть 2. – Днепропетровск: ДИИТ, 1986. – 54 с.
2. Технологическое проектирование основных цехов тепловозоремонтного завода. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Составители: Е.Г. Нечаев, Н.П. Довбня. – Часть 1. – Днепропетровск: ДИИТ, 1986. – 42с.
3. Малоземов Н.А., Иунихин А.И., Каплунов М.П. Тепловозоремонтные предприятия. Организация, планирование и управление. – М.: Транспорт, 1988. – 295 с.
4. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В. Лазаряна; уклад. Л. Ф. Гагін, М. І. Капіца. – Д., 2007. – 44 с.
5. Экономика железнодорожного транспорта: Учебник для вузов / И.В. Белов, В.Г. Галабурда и др. – М.: Транспорт, 1989. – 351с.
6. Фінансово – економічний аналіз діяльності підприємств: Навч. посіб. / М.Я. Коробов – К.: Т-во Знання, 2000. – 378с.
7. Денисова Т.В. Ремонт электрооборудования тепловозов: Учебник для проф.-техн. училищ. – М.: Транспорт, 1980. – 295 с.
8. Луков Н.М., Стрекопытов В.В., Рудая К.И. Передачи мощности тепловозов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Н.М. Лукова – М.: Транспорт, 1987.-279 с.
9. Электрооборудование тепловозов: Справочник / В.Е. Верхогляд, Б.И. Билькевич, В.С Марченко и др; Под ред. В.С. Марченко. – М. Транспорт, 1981. -287с
10. Степанов А.Д. Передачи мощности тепловозов. – М.: Машиностроение,

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк. 80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1961. – 475 с.

11. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1969. – 202 с.
12. Электрические машины и электрооборудование тепловозов / Под ред. проф. Е. Я. Гаккеля. – М.: Транспорт, 1974. – 255 с.
13. Гаккель Е. Я., Рудая К.И. Проектирование и расчет электрической передачи тепловоза. – М.: Транспорт, 1972. – 151 с.
14. Луков Н.М., Поляков В.Н., Федорец Б.А. Расчет тепловозных тяговых электрических машин. – М.: ВЗИИТ, 1977.
15. Проектирование тяговых электрических машин / Под ред. проф.М.Д. Находкина. – М.: Транспорт, 1976.
16. Вилькевич В.М. Справочник по электрооборудованию тепловозов. – М.: Транспорт, 1981. – 268 с.
17. Карасёв И.И., Ратомский Л.П. Машинисту об электровозе ЧС7. – М.: Транспорт, 1994. – 223 с.

					<i>0032.160159.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		