

## **Тема : 7.2 Ремонт вентиляторів тягових електродвигунів**

**всього 35 годин**

**15 , 16 квітня 14 годин**

### **П/т 7.2.1. Ремонт вентиляторів**

Вентилятор - це пристрій, який бере активну участь в циркуляції повітря в приміщенні і його охолодженні. Використовується він як самостійно, так і в комплексі різних систем і електричних двигунів. Основне призначення вентилятора полягає в переміщенні забрудненого повітря з приміщення назовні. Це є необхідною частиною роботи більшості промислових підприємств. Свіже повітря забезпечує нормальні та безпечні умови для роботи співробітників промислових компаній і заводів. При цьому працює вентилятор за допомогою електричного двигуна асинхронного типу. Але він, як і будь-яка інша техніка, з часом може ламатися. У такому випадку досить зробити якісний ремонт електродвигуна вентилятора, щоб можна було нормально продовжувати працювати в приміщенні.

**Ремонт електродвигуна вентилятора** - це комплекс процедур, які поетапно виконуються і допомагають виправити всі несправності в його роботі та запобігти подальшим його поломкам. Якісно зроблений ремонт електродвигуна вентилятора може значно продовжити термін його служби і скоротити кошти на придбання нового обладнання для переміщення повітря.

Ремонт електродвигуна вентилятора, незалежно від його технічних характеристик, починається з підготовчого етапу. Під час нього потрібно розібрати всю конструкцію двигуна і уважно оглянути кожен його деталь. Така процедура допоможе оглянути стан двигуна і діагностувати характер його поломки. Без попереднього і точного діагностування неможливо зрозуміти, які дію потрібно приймати далі. Тільки після цього, можна починати сам ремонт електродвигуна вентилятора.

Механические повреждения двигателей. В эксплуатации иногда возможны: размотка бандажей якоря, задир и рассыпание коллектора, излом деталей щеткодержателя, обрыв болтов полюсов, обрыв кронштейна щеткодержателя, трещины остова, потеря крышки смотрового люка, порча подшипников, излом вала якоря.

При обрыве одного болта полюса оставшиеся болты подтягивают, после чего нормально следуют далее с поездом. В случае обрыва двух-трех болтов тяговый двигатель отключают, а связанную с ним колесную пару вывешивают во избежание повреждения обмотки якоря в случае падения на него полюса. Обрыв одного-двух верхних болтов обнаруживают по характерным трещинам компашинной массы, которой залиты головки полюсных болтов.

В случае излома вала якоря машинист должен поступать так же, как при разрушении якорного подшипника с проседанием якоря (см. § 43).

Если во время осмотра электровоза обнаружен обрыв болта кронштейна щеткодержателя двигателя, то во избежание падения кронштейна его снимают.

В случае обнаружения размотки бандажей из стекловолокна поезд ведут далее, отключив поврежденный двигатель. Насколько возможно, вынимают остатки бандажей.

Задир коллектора происходит при падении посторонних предметов на его поверхность и изломе деталей щеткодержателей. В большинстве случаев при этом выключают двигатель, поскольку часть коллекторных пластин замыкается друг с другом.

Рассыпание (разрушение) коллектора, т. е. возвышение над поверхностью коллектора одной или нескольких пластин, устранить в эксплуатации нельзя. Обычно двигатель отключают, вынимают все щетки и следуют далее на аварийном режиме. Обнаруживают такую неисправность вначале по неоднократному отключению защиты тяговых двигателей, а затем по сколу всех щеток, расположенных на коллекторе.

Повреждения деталей щеткодержателей приводят к различным последствиям: ослабление одной из пружин, заедание пальца или обрыв гибкого шунта могут вызвать перегрев щеток. Более серьезное повреждение происходит в случае обрыва или ослабления крепления болтов верхних и боковых щеткодержателей, а также излома их корпусов. В этом случае задир коллектора неизбежен.

Такое же повреждение происходит и при обрыве болтов кронштейнов щеткодержателей.

При изломе нижнего щеткодержателя после осмотра тягового двигателя и удаления поврежденных деталей (или отсоединения кронштейна) иногда возможно дальнейшее ведение поезда нормальной веса обычным порядком. У тяговых двигателей с волновой обмоткой якоря (НБ-411, ДПЭ-400) предварительно вынимают щетки у одного из боковых щеткодержателей.

Главная причина обрывов обмотки якоря — излом одного стержня обмотки обычно в месте входа в шлицевую прорезь петушка коллектора. Такое повреждение вызывается постоянной тряской двигателя, при которой обмотка якоря перемещается больше, чем коллектор (коллектор служит местом жесткой заделки конца стержня обмотки). Кроме того, при нагреве обмотки изменяются ее размеры, в результате чего в месте входа в коллектор проводники обмотки якоря дополнительно изгибаются.

Поскольку обмотки якорей всех двигателей состоят из нескольких параллельных ветвей, обрыв одного из стержней (проводов) нарушает целостности всей электрической цепи. Однако нормальное коммутация двигателя нарушается, возникает повышенное искрение на коллекторе, временами переходящее в круговой огонь. При осмотре двигателя на изоляции между двумя пластинами коллектора обнаруживают подгар, мелкие брызги меди и копоть; зачистка поврежденных мест обычно результатов не дает; явление повторяется. В этом случае при большом весе состава очищают миканитовый конус якоря и, не включая двигатель, стараются довести поезд до станции основного депо, восстанавливая защиту, если она срабатывает. На электровозах переменного тока такой двигатель отключают.

**Межвитковые замыкания обмоток.** Причины таких замыканий примерно те же, что и пробоев, но проявляются несколько иначе. Межвитковое замыкание внутри катушки главного полюса вызывает ослабление его магнитного потока. Если замкнуты всего два или три витка, двигатель работает несколько лет без заметных признаков повреждения, только несколько повышается искрение на коллекторе и колесная пара, связанная с двигателем, немного чаще других буксует (у двигателя как бы несколько ослаблено и искажено магнитное поле).

Замыкание витков дополнительного полюса проявляется более сильным искрением под щетками одной пары щеткодержателей и приводит к частому срабатыванию защиты. Такое повреждение возникает очень редко.

Межвитковое замыкание проводников обмотки якоря проявляется вспышками на коллекторе и срабатыванием защиты электровоза из-за возникновения очень большого тока в контуре короткозамкнутого витка, образованного соединившимися друг с другом проводниками, так как электрическое сопротивление этого витка очень мало. Например, при напряжении на двигателе 1500 В в короткозамкнутом витке якоря двигателя ТЛ-2К возникает э. д. с. 17 В. Если условно принять сопротивление такого витка равным 0,01 Ом, то по нему течет ток

ной обмотки наиболее вероятней из сердечника полюса вследствие постоянной вибрации выступающей части.

Пробой изоляции обмоток якорей и полюсов в эксплуатации устранить нельзя. При пробое изоляции выводных кабелей тяговых двигателей и белей тяговых двигателей и кабелей, соединяющих катушки дополнительных полюсов, иногда можно изолировать поврежденное место, подложив кусок исправного (лучше нокового) резинового рукава пневматической магистрали или намотав несколько слоев лакоткани, натуральной резины и электрокартона и затем, обвязав шпагатом, концы шпагата обрезают; кабели вне двигателей изолируют смоляной лентой.

Пробой кронштейнов щеткодержателей обычно происходят в сырую погоду. Попадание влаги между фарфоровым изолятором кронштейна и изоляцией пальца щеткодержателей вызывает перекрытие пальца по длине и прожигание слюды до металла. Попадание влаги возможно в случае плохой заливки торцов изолятора компаундной массой, особенно при неправильной его форме (эллиптичность). Подобные повреждения возникают и при трещинах в изоляторах.

Если произошел пробой изоляции пальцев кронштейнов щеткодержателей, то двигатель отключают и следуют далее, соединив цепи по аварийной схеме.

В сухую погоду на любом электровозе двигатель может нормально работать без фарфорового изолятора, поскольку основная изоляция кронштейна выполнена из высококачественной слюды-шаблонки. Изолятор лишь защищает слюду от расслоения и предотвращает скопление пыли на ее поверхности. При повторяющихся перекрытиях дугой по поверхности изолятора его можно разбить молотком, убрать осколки и следовать дальше.

В случае перекрытия по поверхности пластмассового кронштейна иногда возможно дальнейшее следование с поездом при несколько пониженном напряжении на тяговых двигателях.

Обрывы цепи двигателя. Они возникают в результате обрыва обмоток полюсов или перегорания кабеля, соединяющего катушки. У обмоток катушек полюсов подобные повреждения имеют лишь в местах выхода выводных концов или соединения их концом другой катушки. Обрыв межкатушечных соединений приводит к отключению защиты с последующим нарушением цепи всех двигателей на электровозах постоянного тока и цепи одного двигателя на электровагонах переменного тока.



Рис. 85. Разрушение маганитового конуса якоря:

1 — коллектор; 2 — поврежденный конус; 3 — вал якоря

Обнаружение следов смазки на днище корпуса двигателя, под шипниковым щитом и конусе коллектора указывает на перегрев подшипника, избыточное количество в нем смазки, ее недоброкачественность или на неисправность внутреннего лабиринтового уплотнения.

Поверхности двигателя со следами смазки обтирают тряпкой, слегка смоченной в бензине, и протирают насухо. В Журнале технического состояния локомотива об этом делают соответствующую запись.

При утере крышки смотрового люка закрывают отверстие листом фанеры, железа или мешковиной, закрепив их так, чтобы они не попали внутрь двигателя.

**Электрические повреждения двигателей.** Их делят на следующие группы: пробой изоляции, обрывы проводов, межвитковые замыкания обмотки, нарушения нормальной коммутации. Все эти виды повреждений в эксплуатации вызывают срабатывание защиты.

**Пробой изоляции.** Причины таких пробоев: старение изоляции вследствие значительных перегревов, механические повреждения в процессе изготовления, ремонта или эксплуатации; резкое снижение изоляционных свойств при частых значительных перенапряжениях; попадании влаги, пыли и т. д.

Основой изоляции обмоток и коллекторов большинства тяговых двигателей служит слюда, обладающая очень высокими диэлектрическими свойствами, но вместе с тем хрупкая по структуре. Наиболее слабое место в изоляции — склеивающие слюду лаки. Обычно от больших тепловых или механических нагрузок они трескаются, разрушаются, обугливаются и теряют изоляционные свойства. Пробой изоляции обмоток якорей тяговых двигателей чаще всего происходит в месте изгиба секций у выхода из пазов сердечника.

При неправильной укладке клиньев или бандажей пробой возникает вследствие продавливания поверхностной изоляции (при повышенном давлении) или истирания изоляции, когда при слабом закреплении секции «дышат». В этом случае при высокой частоте вращения под действием центробежной силы обмотка удаляется от сердечника якоря, а при снижении частоты вращения ложится на место.

Повреждения обмоток с возможным последующим пробоем изоляции возникают и при попадании в двигатели посторонних предметов. Пробой миканитовых манжет коллекторов двигателей чаще всего происходит на видимой части миканитового конуса (рис. 85).

У катушек главных и дополнительных полюсов пробой наружной изоляции возникает значительно реже, чем у якорей. В большинстве случаев пробой катушек полюсов происходит в месте скрепления выводных концов с последним витком и во внутренних углах, где напряженность электрического поля наивысшая. Кроме того, в этих местах при насадке катушки на сердечник наиболее вероятны механические повреждения изоляции. У компенсацион-

## П/т 7.2.2. Ремонт тягових електродвигунів 21 година 17,18, 20 квітня

**Тяговий електродвигун ТЕД** — електричний двигун, призначений для приведення в рух транспортних засобів, зокрема електровозів, електропоїздів, тепловозів, трамваїв, тролейбусів, електромобілів, електроходів, великовантажних автомобілів з електроприводом, танків і машин на гусеничному ході з електропередачею, підйомно-транспортних машин, самохідних кранів тощо).

Основною відмінністю ТЕД від звичайних електродвигунів великої потужності є те, що монтаж таких двигунів трудомісткий, тому ці двигуни можуть розташовуватись тільки у спеціальних конструкціях (відповідні діаметри і довжина, спеціальні засоби для кріплення тощо).

Тягові двигуни міського і залізничного транспорту, а також двигуни мотор-коліс автомобілів експлуатуються в складних погодних умовах, у вологому і запиленому повітрі. Також на відміну від електродвигунів загального призначення ТЕД працюють в різноманітних режимах (короткочасних, повторно-короткочасних з частими запусками), що супроводжується широкою зміною частоти обертання ротора і навантаження по струму (при зрушенні з місця може в 2 рази перевищувати номінальний). При експлуатації тягові двигуни піддаються механічним, тепловим і електричним перенавантаженням. Тому під час їхнього проектування враховують підвищену електричну і механічну міцність деталей і вузлів, теплостійку і вологостійку ізоляцію струмопровідних частин і обмоток, стабільну комутацію двигунів.

Розвиток напівпровідникової техніки надав поштовх до переходу від двигунів з електромеханічною комутацією до вентильних машин з комутацією, за допомогою напівпровідникових перетворювачів.

Через те що умови роботи тягових двигунів можна вважати важкими, та зважаючи на їхні габаритні розміри тягові двигун відносять до машин граничного використання.

Тягові електродвигуни класифікують за:

- струмом:
  - постійного (в тому числі випрямленого багатофазного пульсуючого, з пульсацією до 10%),
  - пульсуючого (в тому числі випрямленого однофазного пульсуючого, з пульсацією до більше 10%),
  - змінного;
- типом:
  - постійного струму,
  - синхронні,

- асинхронні;
- типом підвішування:
  - опорно-осьове,
  - опорно-рамне;
- конструкцією:
  - за наявністю колектора
    - колекторні
    - безколекторні (безконтактні, вентильні),
  - за типом руху
    - обертальні (циліндричні)
    - лінійні (циліндрично-сегментні і поздовжні);
- режимом роботи:
  - працюють в тривалому режимі,
  - працюють в короткотривалому режимі (робочий період 15-90 хвилин),
  - працюють в повторно-короткочасному режимі (тривалість увімкнення 15-60%);
- ступенем захисту
- способом охолодження:
  - з природним охолодженням,
  - з повітряним обдувом:
    - з незалежною вентиляцією,
    - з самовентиляцією,
  - з рідинним охолодженням (водяним).

## **Будова ТЕД**

Тяговий електродвигун, по суті, являє собою електродвигун з передачею крутного моменту на рушій транспортного засобу (колесо, гусеницю або гребний гвинт).

В кінці ХХ ст. було створено декілька моделей безредукторних ТЕД, коли якір насаджувався безпосередньо на вісь колісної пари. Однак навіть повне підресорювання двигуна відносно осі не позбавляло конструкцію від недоліків, які унеможлилювали роботу двигуна на повній потужності. Проблему вирішили, встановивши понижувальний редуктор, це дало можливість значно збільшити потужність і розвинути достатню для масового застосування ТЕД на транспортних засобах силу тяги.

Окрім основного режиму, тягові електродвигуни можуть працювати в реверсивному режимі (зворотне обертання валу), а також в режимі генератора (при електричному гальмуванні, рекуперації).

Важливим моментом використання ТЕД є необхідність забезпечення плавного пуску-гальмування двигуна для управління швидкістю

транспортного засобу. Спочатку регулювання сили струму здійснюється за рахунок підключення додаткових резисторів і зміни схеми комутації силових кіл. З метою зменшення навантаження і підвищення ККД почали застосовувати імпульсний струм, регулювання якого не потребувало резисторів. Надалі почали використовувати електронні схеми, які керувалися мікропроцесорами. Для управління даними схемами (не залежно від їхньої будови) застосовуються контроллери, вони регулюють набір необхідної швидкості для транспортного засобу. Контроллерами керує людина (водій, машиніст).

## Характеристики

Як правило, визначаються наступні характеристики:

- Електромеханічні (типові)(потужність, залежність частоти обертання якоря від сили струму тощо)
  - залежності від струму якоря
    - частоти обертання
    - крутного моменту
    - ККД
- Електротягові
  - залежності від струму якоря
    - кругової швидкості рухомих коліс
    - сили тяги
    - ККД на ободі рухомих коліс
- Тягові
- Теплові (залежність температур окремих частин ТЕД від часу при різній силі струму);
- Аеродинамічні (характеризують обдування двигуна).

## Режими роботи

Для електричного рухомого складу (ЕРС) регламентовані два режими роботи двигунів, для яких існують номінальні параметри: потужність, напруга, струм, частота обертання, крутний момент тощо. Ці параметри вказуються на паспортній табличці двигуна, в його технічному паспорті та інших документах.

- *Тривалий режим* — навантаження найбільшим струмом якоря необмеженого часом (більше 4-6 годин після запуску) за номінальної напруги на затисках і вентиляції яке не допускає перевищення гранично можливих температур.
- *Годинний режим* (короткочасний) — навантаження найбільшим струмом якоря при запуску з практично холодного стану на протязі однієї години при номінальній напрузі зі збудженням і вентиляцією, яке не дозволяє перевищення гранично допустимих температур.



Для електровозів розрахунковим є тривалий режим, а для електропоїздів — годинний. Однак номінальними режимами для електровозів і електропоїздів є тривалий і годинний, а для тепловозів — тривалий і інколи годинний. Для всіх інших — короткочасний або повторно-короткочасний.

## **Розбирання електродвигуна для ремонту**

Розбираючи електродвигун, в першу чергу, не варто забувати про дотримання техніки безпеки і обережності, щоб не допустити ушкоджень або втрати окремих її частин.

### **Основні правила роботи з електричним двигуном:**

1. При розбиранні не слід використовувати зубила або завдавати ударів, докладаючи при цьому великих зусиль;
2. Приступаючи до роботи необхідно відключити прилад від електромережі і від'єднати його від крутного механізму;
3. Процес розбирання та складання повинен проходити в строго визначеній послідовності;
4. Працювати потрібно акуратно, щоб не пошкодити щітки, обмотки, колектор і не погнути вал;
5. Для подальшої зручності при складанні рекомендується зробити позначки в місцях розміщення кришок відносного корпусу двигуна і положення вентилятора на валу. Неправильна установка вентилятора може спричинити розбалансування всього валу.

## **Послідовність розбирання асинхронного двигуна**

Основними складовими асинхронного двигуна є ротор, що обертається навколо вала і нерухома його частина – статор.

### **Етапи розбирання:**

1. Викручуються кріпильні болти, що утримують кожух вентилятора.
2. Наносяться мітки, згідно з якими підшипникові щити при складанні встановлюються в попереднє положення.
3. Виймається опорне пружинне кільце і знімається вентилятор (крильчатки охолодження) за допомогою знімача.
4. Витягується шпонка.
5. Відкручуються і знімаються болти, що кріплять підшипникові щити і кришки.
6. Щит відділяється від двигуна. Для цього легкими ударами молотка необхідно постукати по виступаючим ребрам підшипникового щита з використанням спеціальної дерев'яної прокладки. При цьому бити по вухах для кріплення болтів можна. У невеликих двигунах зняти задню кришку можна лише, підважуючи викруткою між корпусом і щитом з

усіх боків. У більших моделях електродвигунів нарізується різьба, по якій гвинтовими рухами вкручується болт, і знімається щит. Головне не допускати перекосів.

7. Після відділення щита від корпусу двигуна, він зсувається по валу машини. У процесі зняття щоб уникнути пошкодження ізоляції обмоток в отвір між статором і ротором поміщають лист щільного картону. На нього ж після видалення щита укладається ротор. Це запобіжить ймовірність пошкодження ізоляції обмоток електричного двигуна.
8. З валу знімаються підшипники, невинтові гофровані пружини, і покриваючі їх внутрішні кришки, розташовані з двох сторін. Знімається короткозамкнута обмотка і сердечник ротора. Під час виймки ротора необхідно стежити, щоб його рухи були строго по осі електродвигуна.
9. З клемної коробки викручується заглушка (нагадує форму болта).
10. З коробки знімається кришка, під якою розміщено виводи обмотки статора.
11. Звільняється обмотка від клею і дуже обережно виймається сердечник статора.
12. Залишається порожня станина (корпус) електродвигуна.

Після розбирання рекомендується основні частини конструкції двигуна (вкладиші, щити, ущільнення траверси, перемикачі, підшипники і т.д.) промити гасом або бензином. Обмотки статора очищаються від пилу і бруду пілосмоком або струменем стисненого повітря і протираються чистою ганчіркою, попередньо змоченою в бензині.

Збирають електродвигун у зворотному порядку. На вал електричного двигуна насаджується підшипник, таким чином, щоб його зовнішня частина (обойма) була розміщена в гнізді підшипникового щита. Слід враховувати, що надто слабка посадка викличе провертання щита, а туга – приведе до затискання кульок.

Подальшу процедуру повернення ротора в статор проводять також як при розбиранні. Щити підшипника встановлюються на вал і закріплюють тимчасовими болтами. Тут важливо, щоб щити були розміщені на своєму колишньому місці. Перевірити це можна за випадковим збігом міток, раніше нанесених на корпус двигуна при розбиранні. Закінчивши установку щитів і підшипників, ротор провертають вручну. Правильно зібраний вал повинен легко обертатися. Оскільки причиною важкого обертання валу може бути:

- наявність в підшипнику залишків бруду, масла або пилу;
- недостатнє розшабрування вкладиша або втулки підшипника;
- перекіс вала;
- неправильна посадка підшипника.

По закінченню складання болти підшипникових щитів щільно затягуються і закриваються кришками.  
Перевіряється рівень опору ізоляції обмоток статора, який вимірюється за допомогою приладу мегомметр з окремим джерелом живлення.

Після складання електродвигун необхідно випробувати, для цього ротор повторно провертається рукою за шків. Якщо збірка проведена правильно, то він повинен легко обертатися. Потім двигун встановлюється на своє місце, підключається до мережі і перевіряється його робота на холостому ході. Після чого його з'єднують з валом верстата чи іншого механізму і знову перевіряють.

### **Розглянемо основні несправності асинхронних двигунів, їх виявлення та усунення:**

1. Двигун не запускається, якщо відсутня напруга в мережі, відключений автомат або перегоріли запобіжники. Наявність напруги в мережі можна перевірити за допомогою вольтметра змінного струму зі шкалою до 500 В або низьковольтним індикатором. Для усунення вмикається автомат або проводять заміну перегорілих запобіжників. Якщо перегорає один запобіжник, електродвигун буде видавати характерне гудіння.
2. Обрив однієї з фаз обмотки статора можна виявити за допомогою мегомметра, попередньо звільнивши всі кінці обмоток двигуна. Якщо виявлено обрив усередині фази обмотки двигун необхідно відправити в ремонт.
3. Зниження напруги на затискачах двигуна при його запуску допускається до 30% від номінального. Воно викликається втратами в мережі, малою потужністю трансформатора або його перевантаженням. При зниженні напруги на затискачах електродвигуна проводиться заміна живильного трансформатора або збільшується перетин проводів лінії підведення.
4. Відсутність контакту мережі живлення в одній з обмоток статора – випадання фази – призводить до збільшення струму в його обмотках і зниження числа обертів. Якщо двигун залишити працювати на двох обмотках, то він «згорить», тому для ремонту необхідно звертатись до спеціалізованих підприємств, як ТзОВ «Тантал», що знаходиться за адресою: м. Львів, вул. Луганська, 1 А.
5. Вихід з ладу обмотки електродвигуна («згорання» обмотки) ремонтується шляхом відправлення двигуна в спеціалізований ремонтний цех, де двигуни розбирають, чистять та проводять ревізію. Після чого несправні обмотки демонтують, та перемотують наново на спеціальних намотувальних установках чи вручну, лакують та сушать. Потім двигун збирають і перевіряють на робочих оборотах з

вимірюванням струму холостого ходу і під номінальним навантаженням.

Крім перерахованих вище електричних несправностей в електродвигунах можуть бути несправності механічного характеру. Причиною надмірного нагріву підшипників може бути неправильна збірка підшипників, погана «центровка» електродвигуна, забруднення підшипників або великий знос кульок і роликів.

<b>Несправність</b>	<b>Можлива причина</b>
<i>Електродвигун не розвиває номінальної частоти обертання і гуде</i>	<i>Одностороннє притягання ротора внаслідок зносу підшипників, перекосу підшипникових щитів або згину вала.</i>
<i>Електродвигун гуде, ротор обертається повільно, струм у всіх трьох фазах відрізняється і навіть на холостому ході перевищує номінальний</i>	<i>Обрив одного або декількох стрижнів обмотки ротора; Неправильне з'єднання початку і кінця фази обмотки статора (фаза «перевернута»).</i>
<i>Ротор не обертається або обертається повільно, двигун сильно гуде і нагрівається</i>	<i>Обрив фази обмотки статора</i>
<i>Електродвигун перегрівається при номінальних навантаженнях</i>	<i>Випадкове замикання в обмотці статора; Погіршення умов вентиляції внаслідок забруднення вентиляційних каналів</i>
<i>Недопустимо низький опір ізоляції обмотки статора електродвигуна</i>	<i>Зволоження або сильне забруднення ізоляції обмотки; Старіння або пошкодження ізоляції</i>
<i>Електродвигун вібрує під час роботи і після відключення при частоті обертання ротора, близької до номінальної</i>	<i>Порушення співвісності валів, нерівноваженість ротора</i>
<i>Електродвигун сильно вібрує, але вібрація зупиняється після відключення його від мережі, двигун сильно гуде, струм у фазах неоднаковий, одна із ділянок обмотки статора сильно нагрівається</i>	<i>Коротке замикання в обмотці статора електродвигуна</i>