|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Курс:** |  | **Діагностування енергообладнання** |
|  |  |  |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

**Вимірювання опору ізоляції електричних двигунів**

**1.\_Характеристика заняття.**

Тема: «**Вимірювання опору ізоляції електричних двигунів**».

Кількість аудиторних годин − 2.

Кількість годин самостійної підготовки − 8.

**Мета заняття.** Здобути знання та практичні навички з вимірювання опору, випробовування ізоляції електричних двигунів та оформлення протоколу випробовувань

По закінченню заняття **студент** **має вміти**:

* безпечно користуватись мегаомметром;
* готувати обладнання для вимірювань;
* готувати робоче місце для проведення вимірювань;
* вимірювати опір ізоляції обмоток електричного двигуна;
* оформляти протокол випробовувань

По закінченню заняття **студент має знати**:

* вимоги до ізоляції електричних двигунів;
* метод вимірювань опору ізоляції електричного двигуна;
* правила користування мегаомметром.

**2\_Підготовча частина**

2.1. Теоретичні відомості

2.1.1. Теоретичні основи вимірювання опору ізоляції.

Опір ізоляції електричних машин зменшується при виникненні наскрізних дефектів, що призводять до збільшення провідності на всьому шляху від одного електрода до іншого. Це може спостерігатися при поверхневому забрудненні та зволоженні ізоляції, об'ємному зволоженні, проникли на значну глибину, а також при наскрізних місцевих дефектах (проколи, порізи), якщо провідність в дефектних місцях велика, наприклад якщо вони зволожені.

Опір ізоляції електричних машин знижується також внаслідок забруднення вугільним пилом від щіток. Накопичений та зволожений пил створює на деталях електричних машин струмопровідні містки, тому треба періодично очищати ізоляцію і продувати електричні машини стисненим повітрям. При тривалій роботі і сильних перевищеннях температури струмопровідних частин ізоляція обмоток машин всихає. Механічна міцність плівки лаку порушується і утворюються тріщини, крізь які всередину ізоляції проникає пил, волога і бруд. При цьому опір ізоляції знижується і може виникнути електричний пробій. Для запобігання цьому всохлу ізоляцію слід періодично знову просочувати або покривати ізоляційними лаками. При експлуатації електричних установок необхідно систематично контролювати стан ізоляції шляхом вимірювання її опору при планових оглядах і ремонтах електроустаткування.

Дані про стан ізоляції електродвигуна дозволяють прогнозувати несправність електродвигуна. Існують різні способи перевірки ізоляції, які допомагають заздалегідь визначити можливу несправність електродвигуна: вимірювання ізоляції на землю, перевірка показника поляризації, перевірка імпульсами високої частоти і перевірка високою напругою.

Вимірювання опору ізоляції струмопровідних частин, які нормально перебувають під робочою напруга щодо землі є найпростішим способом перевірки стану ізоляції та прогнозування несправностей електродвигуна. При вимірюванні часто використовуються мегаомметри постійної напруги 500 або 1000 В, яка подається між обмотками і «землею».

Вимірювання опору ізоляції відноситься до категорій контролю «П» − під час введення в експлуатацію нового електрообладнання та електрообладнання, що пройшло відновлювальний або капітальний ремонт і реконструкцію на спеціалізованому ремонтному підприємстві; «К» − під час капітального ремонту на підприємстві; «ПР» − під час поточного ремонту; «М» − між ремонтами.

При прикладанні постійної напруги до ізоляції (наприклад, до виводів обмоток електричних двигунів, силових трансформаторів, трансформаторів безпеки, вимірювальних трансформаторів і т. п.) їх вимірюваний опір ізоляції змінюється у часі і, як правило, через 60" (примітка: символ «"» означає секунди часу) досягає постійного значення, яке позначають *R60"*(рис. 1.1).



Рисунок 1.1 − Залежність опору *R60"*від часу

За методом вимірювання опору *R60"* найбільш ефективно виявляються дефекти, що призводять до збільшення струму наскрізної провідності ізоляції. Цей струм під час прикладання постійної напруги до ізоляції встановлюється практично миттєво і в часі не змінюється. Наскрізний струм обумовлюється як підвищенням зовнішньої провідності ізоляції, так і наявністю в ній шляхів наскрізного витоку. За цим методом ефективно виявляються такі дефекти, як:

−\_ місцеві зволоження ізоляції;

−\_ забруднення ізоляції;

−\_ пошкодження ізоляції;

−\_ потрапляння в ізоляційний проміжок струмопровідних елементів (металевої стружки, слідів від графіту олівця і т. п.).

За методом вимірювання опору *R60"*недостатньо ефективно виявляються:

−\_ місцеві зволоження і забруднення ділянок ізоляції, розташованих на значній відстані від заземлених частин (краще визначаються за методом вимірювання *tg(δ)* ізоляції обмоток);

−\_ зволоження ізоляції, при якому основна маса вологи зосереджена у внутрішніх шарах ізоляції (краще визначається за методом вимірювання *tg(δ)* ізоляції обмоток);

−\_ місця неоднорідності ізоляції, наприклад, внаслідок наявності в ній повітряних бульбашок (краще визначається за методом часткових розрядів).

Таким чином, метод вимірювання опору *R60"* дозволяє виконати лише грубе оцінювання усередненого стану ізоляції, для випадку її зміни, головним чином, під дією зволоження і забруднення. Однак, цей метод є найбільш простим і доступним і він знаходить широке застосування за необхідності швидкої оцінки стану ізоляції, наприклад, перед увімкненням обладнання під напругу.

Під час оцінювання опору *R60"* слід мати на увазі, що опір в значній мірі залежить від чинників, безпосередньо не пов'язаних зі зволоженням і забрудненням ізоляції, таких, наприклад, як властивості залитого при монтажі масла, метод нагрівання трансформатора і розподілу температур всередині бака та від інших чинників.

Значення опору *R60"* дає уявлення про усереднений стан всієї ізоляції, яка досліджується (тобто про загальний опір ізоляції). Вимірюванням опору *R60"* місцеві і зосереджені дефекти в ізоляції великого об’єму (розміру) виявляються погано. У цьому відношенні можна розширити можливості методу.

Абсолютні значення опору ізоляції *R60"* не завжди визначають ступінь зволоження трансформатора, тому додатковою характеристикою є коефіцієнт абсорбції *Кабс*, який являє собою відношення опору ізоляції, виміряного за 60 секунд (*R60"*), до опору, який виміряний за 15 секунд (*R15"*):

. (1.1)



Якщо електродвигун не буде введений в експлуатацію відразу ж після поставки, то необхідно організувати його захист від впливу зовнішніх факторів, таких як вологість, температура і забруднення, щоб не допустити пошкодження ізоляції. Перш ніж включити електродвигун після тривалого зберігання, слід виміряти опір ізоляції. Якщо електродвигун зберігається в умовах високої вологості, повинні проводитися регулярні виміри. Важко сформулювати стандарти для мінімального фактичного опору ізоляції електродвигуна, тому що опір залежить від конструктивних особливостей електродвигуна, використовуваного ізоляційного матеріалу і номінальної напруги. Виходячи з досвіду експлуатації, мінімальний опір ізоляції можна прийняти таким, який дорівнює 10 МОм

Для визначення необхідності сушіння ізоляції обмоток електродвигунів слід керуватися таблицею 1.1 і 1.2 [1].

Електричні двигуни з повітряним охолодженням обмотки статора та електродвигуни потужністю вище 5000 кВт вмикають без сушіння у разі дотримання таких умов: а) значення коефіцієнта абсорбції *R60"*/ *R15"* за температури від 10°С до 30°С має бути не нижчим ніж 1,3; б) значення коефіцієнта нелінійності КU, яке визначається залежністю струмів витоку від випробної напруги, має бути не більшим ніж 3.

Таблиця 1.1 − Критерії оцінювання стану ізоляції обмотки статора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Потужність,  номінальна напруга,  вид ізоляції | Критерії оцінювання стану ізоляції обмотки статора | |
| Абсолютне значення  опору ізоляції, МОм | Значення коефіцієнта  абсорбції |
| Більша ніж 5000 кВт. Напруга − вища ніж 1 кВ | Не менше значень,  наведених вище  за температури ізоляції,  не нижчої ніж 10 °С | Не менше ніж 1,3  за температури ізоляції  від 10 С до 30°С |
| 5000 кВт і менше.  Напруга − вища ніж 1 кВ | Не менше ніж 1,2  за температури ізоляції від 10 С до 30°С |
| Термореактивна ізоляція обмотки статора | *R60"* − не менше ніж 10 МОм за температури ізоляції від 10 °С до 30 °С | Не нормується |
| Потужність − будь - яка. Напруга − нижча ніж 1 кВ | Не менше ніж 0,5 МОм  за температури ізоляції від 10 °С до 30 °С | Не нормується |

Найменше значення опору ізоляції *R60"* (МОм), для обмоток електродвигунів потужністю 5000 кВт і більше за температури 75 °С визначають за формулою:

*R60"* = Uном/(1000 + 0,01∙Sном ),

де Uном − номінальна лінійна напруга, В; SHOM − номінальна потужність, кВ∙А.

Якщо опір ізоляції, обчислений за цією формулою, нижчий ніж 0,5 МОм, то найменше допустиме значення дорівнює 0,5 МОм.

Для температур, нижчих ніж 75 °С (але не нижчих ніж 10 °С), найменше значення опору ізоляції обмоток машин визначають множенням значень, отриманих із зазначеної формули, на температурний коефіцієнт *Кт*, значення якого наведене в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 − Значення температурного коефіцієнта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, °С | 75 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Кт | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 2,4 | 3,4 | 4,7 | 6,7 | 9,4 |

Найменші значення опору ізоляції обмоток електродвигунів потужністю до 5000 кВт наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 − Найменші значення опору ізоляції обмоток електродвигунів потужністю до 5000 кВт

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура  обмотки, °С | Опір ізоляції *R60"* МОм,  за номінальної напруги обмотки, кВ | | |
| 3-3,15 | 6-6,3 | 10-10,5 |
| 10 | 30 | 60 | 100 |
| 20 | 20 | 40 | 70 |
| 30 | 15 | 30 | 50 |
| 40 | 10 | 20 | 35 |
| 50 | 7 | 15 | 25 |
| 60 | 5 | 10 | 17 |
| 75 | 3 | 6 | 10 |

Обмотки електричних двигунів перед проведенням вимірювань потрібно очистити від забруднень і пилу, який осів на них, продути їх сухим і чистим повітрям тиском, не вищим ніж 0,2 МПа B кгс/см2, і протерти в доступних місцях чистими ганчірками.

Для уникнення помилок у разі повторних вимірювань, зумовлених залишковими зарядами, перед вимірюванням опору ізоляції обмотки необхідно заземлити не менше ніж на 3 хв.

Опір ізоляції вимірюють мегаомметром, напругу якого вибирають відповідно за табл. 1.4; показники мегаомметра, позначені *R60"* і *R15"* потрібно визначати через 15 і 60 секунд відповідно після прикладення до обмотки напруги (у разі використання мегаомметра з випрямлячем) або після початку обертання рукоятки (у разі використання мегаомметра з ручним або моторним приводом).

Опір ізоляції обмоток електричних машин, які мають початки та кінці фаз або віток, вимірюють для кожної фази або вітки окремо за решти фаз або віток, з'єднаних з корпусом. Опір ізоляції для електричних машин, які мають лише три виводи обмотки статора, вимірюють для всієї трифазної обмотки в цілому відносно корпусу. Електродвигуни з термореактивною ізоляцією статора та електродвигуни потужністю вище 5000 кВт вмикають без сушіння незалежно від результатів визначення коефіцієнта абсорбції і коефіцієнта нелінійності, якщо *R60"* (МОм) за температури від 10 °С до 30°С перевищує значення номінальної напруги в кіловольтах не менше ніж у 10 разів.

Таблиця 1.4 − Допустимі значення опору ізоляції електричних двигунів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Випробний елемент | Періодичність вимірювання | Напруга  мегаомметра, кВ | Допустимі значення опору ізоляції, МОм | Примітка |
| Обмотка  статора | П, К, Т\*\* | 0,5/1,0/2,5 | Для електродвигунів, які знаходяться в експлуатації, допустимі значення опору ізоляції *R60"* і коефіцієнт абсорбції не нормуються, але їх треба враховувати у разі вирішення питання про необхідність їх сушіння | Під час експлуатації визначення коефіцієнта абсорбції *R60"***/***R15"* обов'язкове лише для електродвигунів на напругу, вищу ніж 3 кВ, або потужністю, більшою ніж 1000 кВт  Опір ізоляції кожної фази або вітки вимірюють окремо відносно корпусу та інших заземлених фаз або віток. |
| Обмотка  ротора | П  К, Т\*\* | За вимогами заводу, але не вища ніж 1,0  (дозволяється 0,5) | 0,2  0,5  Не нормується | Вимірювання провадять для синхронних електродвигунів, електродвигунах з фазним ротором на напругу 3 кВ і вище або потужністю, більшою ніж 1000 кВт |
| Термо­індикатори з  з'єднувальними  проводами | п, к | 0,25 | Не нормується |  |
| Підшипники | П, К | 1.0 | Не нормується | Вимірювання провадять в електродвигунах на напругу 3 кВ і вище, підшипники яких мають ізоляцію від­носно корпусу. Вимірювання провадять відносно фундаментної плити за повністю зібраних маслопроводів. В експлуатації вимірювання провадять під час ремонтів з вийманням ротора |

\*\_−­Опір ізоляції вимірюють за номінальної напруги обмотки до 0,5 кВ мегаомметром на 0,5 кВ; за номінальної напруги обмотки, вищої ніж 0,5 кВ, до 1 кВ −­ мегаомметром на 1,0 кВ, а за номінальної напруги, вищої ніж 1 кВ − мегаомметром на 2,5 кВ.

\*\*\_−­Вимірюють під час поточних ремонтів, якщо для цього не потрібно провадити спеціальні демонтажні роботи.

Електродвигуни на напругу нижчу ніж 1000 В вмикають без сушіння, якщо опір ізоляції обмоток, виміряний за температури від 10 °С до 30 °С, не менший ніж 0,5 МОм.

Ротори електричних машин, охолоджувані повітрям, не підлягають сушінню, якщо опір ізоляції обмоток за температури від 10 °С до 30 °С − не менше ніж 0,2 МОм.

Електричні двигуни виготовляються в багатьох країнах світу. Одним з відомих в світі виробників електричних двигунів є фірма Grundfos, підприємства якої знаходяться в багатьох країнах світу таких, як Німеччина, Угорщина, Данія та ін.

Вимоги до опорів ізоляції обмоток електродвигунів також різні. Так, наприклад, фірмою Grundfos пропонується визначати стан ізоляції електричного двигуна у відповідності до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 − Оцінювання стану ізоляції електричного двигуна

|  |  |
| --- | --- |
| Величина опору ізоляції | Рівень ізоляції |
| 2 Ом або менше | Дуже погана |
| 2-5 МОм | Погана |
| 5-10 МОм | Нижче норми |
| 10-50 МОм | Хороша |
| 50-100 МОм | Дуже хороша |
| 100 МОм або більше | Відмінна |

Спеціалісти фірми Grundfos вважають, що мінімальний опір ізоляції нових обмоток або обмоток після чищення та ремонту щодо «землі» становить 10 МОм або більше. Мінімальний опір ізоляції, R, обчислюється множенням номінальної напруги, Uном, на постійний коефіцієнт k=0,5 МОм/кВ. Наприклад: якщо номінальна напруга становить 690 В = 0,69 кВ, мінімальний опір ізоляції становитиме: 0,69 ∙0,5 = 0,35 (МОм).

2.1.2. Приклади методів вимірювання опору ізоляції.

Перед початком вимірювань мегаомметр необхідно перевірити. Для цього «закорочують» клеми «**З**» (заземлення) і «**Л**» (лінія) приладу і обертають його рукоятку (при ручному приводі) або натискають кнопку в приладі зі статичним перетворювачем, поки стрілка приладу не встановиться напроти поділки шкали з цифрою «0».

Після цього знімають перемичку, яка «закорочувала» клеми приладу і продовжують обертати рукоятку приводу (натискати кнопку). Стрілка приладу повинна встановитися проти поділки «**∞**» (нескінченність). Якщо прилад справний, то ним можна робити вимірювання.

Безпосередньо перед вимірюванням, об'єкт вимірювання повинен бути заземлений на 2 ÷ 3 хвилини для зняття залишкових зарядів.

При вимірюванні абсолютного значення опору ізоляції електрообладнання його струмопровідна частина приєднується проводами з посиленою ізоляцією (типу ПВЛ) до клеми «**Л**» мегаомметра (рис. 1.2). Клему «**З**» і корпус обладнання, відносно яких проводиться вимірювання, надійно заземлюють через загальний контур заземлення. Опір ізоляції визначається за показами стрілки мегаомметра, яка має знаходить в усталеному стані через 60 секунд після прикладання випробовуваної напруги мегаомметра до досліджуваної ізоляції об’єкта.

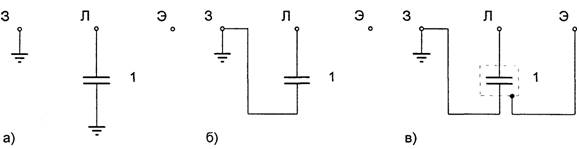


Рисунок 1.2 − Схеми вимірювання мегаомметром опору ізоляції

На рис. 1.2 показані: «**1**» − ізоляція (на схемі показана, як конденсатор); «**З**» − клема на корпусі мегаомметра для підключення приладу до контуру заземлення; «**Л**» − клема на корпусі мегаомметра для підключення приладу до струмопровідної частини обладнання, опір ізоляції якої вимірюється; «**Э**» − клема на корпусі мегаомметра для підключення приладу до корпусу (або екрану) обладнання, обладнання, опір ізоляції якого вимірюється; схеми вимірювання мегаомметром опору ізоляції: «а» − відносно землі; «б» − між струмопровідними частинами обладнання; «в» − між струмопровідними обладнання з метою виключення впливу струмів витоку.

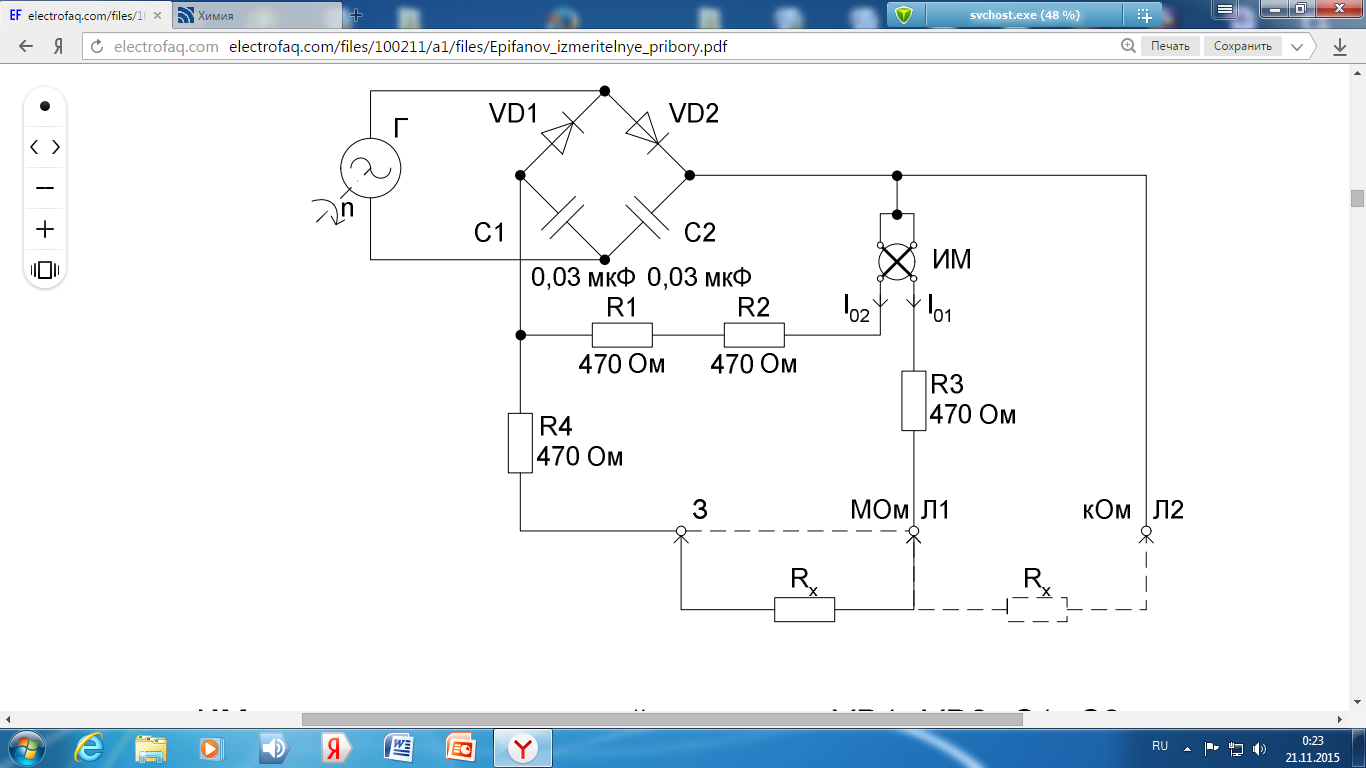


Рисунок 1.3 − Схема електрична принципова мегаомметра М1101

На рис. 1.3 показані: С1, С2 − 0,05 мкФ; R1, R2 − 82 кОм; R3, R4 − 220 кОм; VD1, VD2 − 1N4007S.



Рисунок 1.4 − Зовнішній вигляд мегаомметрів М1101 та ЭСО202/1Г

Для вимірювання опору ізоляції часто застосовують мегаомметри магнітоелектричної системи. В якості вимірювального механізму в них використаний логометр, покази якого не залежать від напруги джерела струму, що живить вимірювальні ланцюга. Котушки логометра знаходяться в магнітному полі постійного магніту і підключені до загального джерела живлення.

Послідовно з однією котушкою включають додатковий резистор, в ланцюг другої котушки − вимірюваний опір.

Як джерело струму часто використовують невеликий генератор 4 постійного струму, який називають індуктором. Якір генератора приводять в обертання рукояткою, з'єднаної з ним через редуктор. Індуктори мають напруги від 250 до 2500 В, тому мегаомметром можна вимірювати великі опори.

Струми котушок взаємодіють з магнітним полем постійного магніту та створюють два протилежно спрямованих моменти. Під впливом цих моментів рухома частина приладу і стрілка будуть займати певне положення. Положення рухомої частини логометра залежить від відношення струмів першої та другої котушок. Отже, при зміні контрольованого опору змінюватиметься кут відхилення стрілки. Шкала мегаомметра градуюється безпосередньо в кілоомах або мегаомах.

Щоб виміряти опір ізоляції між проводами, необхідно відключити їх від джерела струму (від мережі) і приєднати один провід до затискача «Л» (лінія), а інший до затискача «3» (земля). Потім, обертаючи рукоятку індуктора мегаомметра, визначають за шкалою логометра опір ізоляції. Наявний в приладі перемикач дозволяє змінювати межі виміру. Напруга індуктора, а отже, частота обертання його рукоятки теоретично не впливають на результати вимірювань, але практично рекомендується обертати її більш-менш рівномірно.

При вимірюванні опору ізоляції між обмотками електричної машини ці обмотки від'єднують одну від іншої і з'єднують один кінець однієї з обмоток з клемою «Л, а кінець іншої обмотки приєднують до клеми «3» мегаомметра. Далі, обертаючи рукоятку індуктора, визначають опір ізоляції. При вимірюванні опору ізоляції обмотки відносно корпусу, корпус діагностованого обладнання з'єднують з клемою «3», а один з кінців обмотки − з клемою «Л».



Рисунок 1.4 − Вимірювання мегаомметром опору

ізоляції електричного двигуна

На рис. 1.4 показано підключення мегаомметра до виводів обмотки статора електричного двигуна.

Значення опору ізоляції у великій мірі залежить від температури.

Вимірювання слід проводити при температурі ізоляції не нижче +5°С, крім спеціально обумовлених випадків.

Після вимірювання опору ізоляції необхідно короткочасно заземлити точку, до якої підключався провід від мегаомметра, для того, щоб зняти заряд, що накопичився в ізоляції.

Мегомметр слід розташовувати згідно інструкції з експлуатації, як правило, горизонтально.

Перевірку опору ізоляції електроустановок 380/220 Вольт (при експлуатації), за винятком раніше обумовлених випадків, слід проводити напругою (мегомметром) 500 Вольт.

Перевірку опору ізоляції електроустановок малої напруги (менше 50 Вольт) слід проводити напругою (мегомметром) 100 Вольт. Не допускається випробування електроустановок до 50 Вольт включно напругою 500 Вольт!

Швидкість обертання ручки генератора мегомметра повинна становити 120-140 оборотів в хвилину.

Покази мегомметра вважаються усталеними після 60 секунд прикладання напруги мегаомметра до ізоляції електричного двигуна. Перед приєднанням щупів приладу до вимірюваного ланцюга слід двополюсним фазопокажчиком з неоновою лампою переконатися у відсутності в ньому напруги.

У тому випадку, якщо вимірювання проводилися на діючій електроустановці, то після проведення вимірювальних робіт вона повинна бути приведена у початковий стан, за винятком частин зі зниженим опором ізоляції. Частини електроустановки із зниженим опором ізоляції експлуатувати заборонено.

Частини електроустановки, на яких виміри показали знижений опору ізоляції, повинні бути, у свою чергу, розібрані з тим, щоб локалізувати і усунути пошкодження.

2.1.3 Прилади

Вимірювання опору ізоляції електрообладнання виконуються за допомогою мегаомметрів, наведених в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 − Вимірювання опору ізоляції електрообладнання виконуються за допомогою мегаомметрів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИП | Номінальна напруга (В) | Діапазон  вимірювання  опору (МОм) | Клас  точності | Робоча  частина  шкали |
| ЭСО202/1  ТУ-25-7534.014-90 | 100  250  500 | 1÷1000 | 15 | 0÷5 кОм  5÷1000 МОм |
| ЭСО202/2Г  ТУ-25-7534.014-90 | 1000  2500 | 1÷1000 | 15 | 0÷5 кОм  5÷1000 МОм |
| Ф4102/2  ТУ 25-7534.005-87 | 1000  2500 | 0÷2000  0÷20000  0÷5000  0÷50000 | 1,5 | 0÷2000 МОм  0÷200 МОм  0÷2000 МОм |

2.1.4. Вимоги з охорони праці

Під час вимірювання опору ізоляції електричних пристроїв, необхідно виконувати наступні вимоги безпеки.

На струмопровідних частинах, на яких буде проводитись робота, напругу необхідно зняти за допомогою комутаційних апаратів (або запобіжників). Отримати у викладача допуск до виконання лабораторної роботи.

При роботі з мегаомметром забороняється торкатись до струмопровідних частин, з якими мегаомметр з`єднаний. Після завершення робіт необхідно зняти накопичений заряд з контрольованого обладнання шляхом його закорочування і заземлення.

Виконувати вимірювання мегаомметром **забороняється**:

* на провіднику, який знаходиться під напругою;
* на одному провіднику двопровідної лінії, напругою більше 1000 В, в той час, коли інший провідник знаходиться під напругою ;
* на однопровідній лінії, якщо вона проходить паралельно працюючій лінії напругою більше 1000 В;
* під час грози або її наближенні.

2.1.5. Кваліфікаційні вимоги

До виконання вимірювань і обробки їх результатів на виробництві допускаються особи з електротехнічного персоналу, які пройшли необхідну підготовку і перевірку знань по схемам вимірювань і правилам в обсязі «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Електромонтерам необхідно мати досвід проведення вимірювань в умовах діючих електроустановок, отриманий в період навчання.

Для обладнання напругою вище 1000 В вимірювання виконують два електромонтери згідно наряду - допуску, один з яких повинен мати не менше четвертої групи з електробезпеки.

Для обладнання напругою до 1000 В вимірювання виконуються за розпорядженням двома електромонтерами, один з яких повинен мати не менше четвертої групи з електробезпеки.

До виконання вимірювань і обробки їх результатів в університеті допускаються студенти, які перед виконанням лабораторної роботи пройшли необхідну підготовку і перевірку знань по схемам вимірювань і правилам в обсязі «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Студентам необхідно мати досвід проведення вимірювань, отриманий в період навчання.

Вимірювання виконують два студенти.

2.1.6. Вимоги до вимірювань

При виконанні вимірів необхідно дотримуватись виконання наступних вимог.

За опір ізоляції приймається 60 секундне значення опору *R60"*, зафіксоване по шкалі мегаомметра через 60 секунд. Відлік часу необхідно починати після досягнення потрібної кількості обертів ручки мегаомметра.

При вимірах опору ізоляції об’єкта з великою ємністю, щоб запобігти небажаних коливань стрілки приладу, необхідно ручку мегаомметра обертати з частотою, яка значно більша номінальної (близько 130-140 обертів за хвилину, збільшуючи швидкість обертання до заспокоєння стрілки приладу. Відлік виміру проводити тільки після того, як стрілка займе усталене положення.

Під час вимірювань опору ізоляції освітлювальної мережі, вводні запобіжники повинні бути зняті, розетки необхідно залишити без споживачів, лампи розжарювання необхідно викрутити, на люмінесцентних лампах повинні бути зняті стартери.

2.1.7. Оформлення результатів вимірювання опору ізоляції.

Виконавці робіт заповнюють графи, починаючи з «Об'єкт ...». Реквізити замовника робіт, виконавця робіт, так само як і реєстраційний номер і дату протоколу проставляє особа, уповноважена на ведення відповідної звітності (додаток А).

При заповненні протоколу слід дотримуватися наступних правил:

1. Перевірку опору ізоляції електроустановок 380/220 Вольт слід проводити напругою (мегомметром) 500 вольт.

2. Графа «Дата перевірки ...» виконавцями не заповнюється.

3. Стовпець таблиці №4 (Норма по ПУЕ, МОм) для вимірів, проведених під час експлуатації електрообладнання, заповнюється значенням 0,5 МОм.

4. Стовпці таблиці №№ 5 - 14 заповнюються значеннями опору ізоляції, записаними в МОм. Непотрібні при даному вимірі комірки цих стовпців заповнюються прочерками. Не можна залишати осередку порожніми.

5. Стовпець № 15 («Примітка») заповнюється: якщо всі значення опорів у стовпцях №№ 5÷14 більші або дорівнюють 0,5 МОм, то проставляється «Відповідає ПУЕ». Якщо ж хоч одне опір менше 0,5 МОм, то проставляється «Не відповідає ПУЕ».

6. Графа «Висновок ...» заповнюється: якщо опір усіх перевірених частин «Відповідає ПУЕ», то проставляється «Опір ізоляції перевіреного електроустаткування відповідає ПУЕ»; інакше − «Опір ізоляції частини (або всіх) перевірених електроустановок не відповідає ПУЕ».

**3 Основна частина**

3.1. Хід роботи

1.\_Підготуйте електричний двигун до випробовувань: зніміть кришку з клемної коробки («брно»).

2.\_Розташуйте мегомметр згідно інструкції з експлуатації − горизонтально.

3.\_З’єднайте провідником клеми «Л» та «З» мегаомметра. Перевірити справність мегаомметра, обертаючи ручку генератора (у справного приладу стрілка повинна зупинитись на відмітці «0»).

4.\_Від’єднайте провідник між клемами «Л» та «З» мегаомметра. Перевірити справність мегаомметра, обертаючи ручку генератора (у справного приладу стрілка повинна зупинитись на відмітці «∞»).

5.\_Встановити необхідні межі вимірювань;

6.\_Перемикач напруги мегаомметра встановіть в положення 500 вольт.

7.\_Використовуючи ізольовані провідники, затискачі з ізольованими ручками типу «крокодил» з’єднайте виводи обмоток статора між собою, з корпусом електричного двигуна та з заземлювальним пристроєм навчальної лабораторії на час не менше 2-х хвилин.

8.\_Від’єднайте приєднані у п.4 провідники.

9.\_Двополюсним фазопокажчиком з неоновою лампою переконатися у відсутності напруги на обмотках електричного двигуна.

10.\_З’єднайте обмотки статора електричного двигуна у «зірку».

11.\_Підключіть нейтральну клему обмоток статора до струмопровідного корпуса електричного двигуна.

12.\_Підключіть клему «Л» мегаомметра до обмотки фази «А» статора електричного двигуна.

13.\_Підключіть клему «З» мегаомметра до корпуса електричного двигуна.

14.\_Обертайте ручку генератора мегомметра зі швидкістю 120-140 обертів за хвилину. Слідкуйте за тим, щоб почав світити червоний світлодіод на корпусі мегаомметра ЭСО-201.

15.\_Через 60 секунд зчитайте покази мегаомметра.

16.\_Запишіть виміряний результат у таблицю протоколу випробовувань ізоляції електричного двигуна.

17.\_Послідовно повторіть пункти 4-13 три рази.

18.\_За результатами трьох вимірювань визначте середнє арифметичне значення опору ізоляції фази А статора електричного двигуна.

19.\_Повторіть п.п. 4÷15 і знайдіть середні арифметичні значення опору ізоляції фаз В і С статора електричного двигуна.

20.\_Повторіть п.п. 4÷15 і знайдіть середні арифметичні значення опору ізоляції фаз А, В і С статора електричного двигуна не за 60, а за 15 секунд.

21.\_Обчисліть коефіцієнти абсорбції за результатами вимірювань ізоляції для варіантів приєднання мегаомметра до різних фаз електричного двигуна.

22.\_Проаналізуйте результати вимірювань. Якщо результати вимірювань для різних фаз виявляться різними, то це свідчитиме про наявність дефекту − обрив однієї з фаз (тієї у якої опір не такий як у двох інших) обмотки статора.

23.\_Користуюячись табл. 1.4 та 1.5 зробіть висновки.

**Вимірювання здійснюється тільки під наглядом викладача та з дозволу викладача.**

3.2. Обробка результатів вимірювань

Обробка результатів вимірів опору ізоляції електричних пристроїв виконується згідно з вимогами «Правил улаштування електроустановок», «Норм випробовувань електрообладнання», «Правил технічної експлуатації електроустаткування споживачів».

3.3. Оформлення результатів вимірювань

Результати вимірів оформлюються протоколом, форма якого приведена у додатку А.

**4 Контрольні запитання**

1. Яка мета заняття?

2. До яких категорій контролю відноситься вимірювання опору ізоляції?

3. Через скільки секунд після прикладання до ізоляції постійної напруги (наприклад, до виводів обмоток електричних двигунів, силових трансформаторів, трансформаторів безпеки, вимірювальних трансформаторів і т. п.) їх вимірюваний опір ізоляції досягає постійного сталого значення і чому?

4. Які дефекти найбільш ефективно виявляються за методом вимірювання опору *R60"*?

5. Який струм під час прикладання постійної напруги до ізоляції встановлюється практично миттєво і в часі не змінюється?

6. Чим викликаний наскрізний струм в ізоляції?

7. Які ви знаєте характерні види дефектів силових трансформаторів?

8. Які види дефектів силових трансформаторів виявляються методом вимірювання опору *R60"*недостатньо ефективно.

9. Переваги і недоліки методу вимірювання опору *R60"* ?

10. Що являє собою коефіцієнт абсорбції?

11. Розкажіть про метод вимірювання опору ізоляції.

12. Опишіть схеми вимірювання мегаомметром опору ізоляції.

13. Які ви знаєте вимоги з охорони праці під час вимірювання опору ізоляції?

**Література**

1.\_ Електронний ресурс <http://studopedia.org/8-106327.html>

2.\_ Електронний ресурс <http://www.megaomm.ru/el3.html>

3.\_ Електронний ресурс http://note-s.narod.ru/other/megom.htm

# Додаток А

Протокол вимірювань опору ізоляції обмоток електричного двигуна

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування організації: \_\_\_\_\_\_ | | | | | | | Замовник:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | |
| Ліцензія №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | Об’єкт:*навчальний приклад вимірування опору ізоляції частини схеми електричного цеху.* | | | | | | | |
| Дійсна до «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_» 20\_\_ р. | | | | | | |  | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | |
| **Протокол №\_\_\_**  **від «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.** | | | | | | | | | | | | | | |
| Вимірювання опору ізоляції проводів, кабелів, апаратів  і обмоток електричних машин. | | | | | | | | | | | | | | |
| Вимірювання виконані мегомметром типу \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ напругою  500 вольт, зав. № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ , дата повірки \_\_\_\_\_\_\_\_\_. | | | | | | | | | | | | | | |
| Позначення: А, В, С – фазні провідники, N – робочий нулевий провідник, РЕ – захисний нульовий провідник, PEN – суміщений нульовий робочий і нульовий захисний провідник. | | | | | | | | | | | | | | |
| **Опір ізоляції в МОм (проставлені умовні позначення).** | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | |
| № п/п | Випробувальний об’єкт | Марка провода,  кабелю, апарату | Норма по ПУЕ, МОм | А–В | В–С | С–A | A–N  (PEN) | B–N  (PEN) | C–N  (PEN) | A–PE | B–PE | C–PE | N–PE | Примітки |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| *1* | *Елетродвигун М1* | *А2* | *0,5* | *–* | *–* | *–* | *–* | *–* | *–* | *65* | *65* | *65* | *–* | *Відпов. ПУЕ* |
| *2* | *Елетродвигун М2* | *АОЛ2* | *0,5* | *–* | *–* | *–* | *–* | *–* | *–* | *45* | *45* | *45* | *–* | *Відпов. ПУЕ* |
|  | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* | *…* |

**Висновок:** *Опір ізоляції повірених електроустановок відповідає ПУЕ*.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Виконавці:** |  |  |  |
|  | *бригадир* | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | *Іванов А.А.* |
|  | *електрик* | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | *Петров В.В.* |
|  | *електрик* | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | *Сидоров С.С.* |
|  | *\_\_\_\_\_\_\_\_* | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* |
|  | (посада) | (підпис) | (Прізвище І. Б.) |