

ЛЕКЦІЯ 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

1.1 Випробування – складова системи забезпечення надійності роботи електрообладнання

По відношенню до об'єктів технічного призначення, термін «*надійність*» (згідно з ДСТУ 2860-94) означає властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в обумовлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції у встановлених режимах і умовах використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування.

У відношенні до таких об'єктів, у т.ч. електрообладнання, надійність роботи значною мірою залежить від їх технічного стану.

Під поняттям «*технічний стан об'єкта*» слід розуміти сукупність властивостей об'єкта що піддаються змінам в процесі виготовлення чи експлуатації, характеризуються у певний момент часу признаками, що встановлені технічною документацією на цей об'єкт. В свою чергу, технічна документація повинна містити діагностичні признаки (параметри, показники), достатні для проведення достовірного діагностування об'єкта як в умовах виробництва, так і в умовах експлуатації, а також допустимі значення кількісних і якісних характеристик властивостей об'єкта.

Для того чи іншого обладнання визначення цих показників (параметрів) шляхом обстежень, вимірювань, випробувань тощо, дозволяє зробити висновок про відповідність цього обладнання одному із трьох станів, а саме:

- а) справному (обладнання – є працездатним);
- б) несправному (обладнання – є непрацездатним);
- в) граничному (подальше застосування обладнання недоцільне чи створює ризик відмови).

Стадії і обсяги проведення, номенклатура і кількісне нормування показників, а також методики випробувань певної одиниці (групи) обладнання, як правило, відрізняються залежно від місця чи стадії проведення оцінки технічного стану даного обладнання. Наприклад, у випадку проведення такої оцінки **виготовлювачем** якоїсь одиниці обладнання вона буде відрізнятись від подібної оцінки для випадків виконання її **споживачем** цієї ж одиниці обладнання. Проте, за будь-яких обставин, обсяг випробувань, перелік показників, методики їх визначення і нормовані значення, обумовлюються чинними для тих чи інших умов тими чи іншими **нормативними документами**.

Виготовлювач електрообладнання – об’єднання, підприємство, фірма і т. ін., що виготовлює таке обладнання.¹⁾ Виготовлене обладнання повинно відповідати вимогам державних чи міждержавних стандартів, технічних умов або інших, визнаних державною системою стандартизації, документів для гарантування його надійного, якісного та безпечного використання.

¹⁾ Тут і далі за текстом пояснення застосованих термінів адаптовані до матеріалу, викладеному у цьому посібнику.

Споживач електрообладнання – об’єднання, підприємства, організації тощо, які виробляють, передають, розподіляють, та споживають електроенергію - використовують дане обладнання.

Нормативний документ – стандарт, технічні умови, регламент, а також інші документи, що не є стандартами, але визнаються чинними на державному чи галузевому рівні (норми, правила, інструкції тощо).

1.3 Види випробувань електрообладнання у виготовлювача

Як вже вказувалось вище, для гарантування надійності, якості та безпечності електрообладнання воно повинно відповідати вимогам певних нормативних документів. В Україні виготовлене електрообладнання повинно, в першу чергу відповідати стандартам (ГОСТ, ДСТУ) або технічним умовам. Технічні умови, як правило, встановлюють вимоги до якоїсь одиниці чи обмеженої групи обладнання, розробляються з урахуванням стандартів, а з окремих питань - містять безпосередньо посилання на стандарти.

Види, обсяги та методи випробування електрообладнання також встановлюються стандартами, а для окремих одиниць – містяться і в відповідних технічних умовах. Технічним умовам може бути наданий статус стандарту. Наведемо декілька прикладів (надані мовою оригіналу):

- «ГОСТ1516.2-97 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.»

- «ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.»

- «ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Технические условия.»

У наведених прикладах перші два ГОСТ встановлюють вимоги до видів, обсягів і методів випробувань широкого кола видів електрообладнання, а третій – стосується тільки силових трансформаторів і саме для них визначає, крім іншого (тобто окремим розділом тексту технічних умов), види та обсяги випробувань.

Так, у відповідності до ГОСТ 1516.3 ізоляція електрообладнання повинна підлягати таким видам випробувань: **типовим, періодичним** (якщо це встановлено для якогось обладнання стандартом на дане обладнання) та **приймально-здавальним**.

Типовим випробуванням підлягає кожний новий тип електрообладнання. Такі випробування проводяться на головному зразку чи зразку із першої виробничої партії вказаного обладнання. Для електрообладнання масового виробництва (наприклад, ізоляторів класів напруги від 3 до 35 кВ) типовим випробуванням можуть бути піддані декілька зразків, якщо це вказано в стандартах (технічних умовах) на електрообладнання окремих видів. Обсяг випробувань (перелік показників, які підлягають визначенню для підтвердження характеристик обладнання заданим) обумовлюється у технічних умовах на конкретний тип (групу, вид) обладнання, а також, більш детально, вказується у програмах випробувань, які розробляються виробником обладнання на підставі і з посиланнями на відповідні стандарти.

Типове випробування повинно бути проведено також у випадку змін конструкції ізоляції або технологічного процесу виготовлення обладнання, чи зміни застосованих матеріалів, якщо вказані зміни можуть призвести до зниження електричної міцності ізоляції. Обсяг випробувань за таких обставин встановлюється самим виготовлювачем залежно від характеру згаданих змін.

Періодичним випробуванням підлягає кожний тип електрообладнання, якщо у стандартах на види, яким він відповідає, встановлено необхідність і періодичність таких випробувань. Як правило до періодичних випробувань відносяться ті самі вимоги, що і до типових. Окремі відхилення (зменшення обсягів) вказуються в стандартах на обладнання чи на випробування.

Приймально-здавальним випробуванням підлягає кожна одиниця виготовленого електрообладнання. Обсяг таких випробувань відрізняється від типових у бік зменшення, і, аналогічно попереднім, обумовлюється у технічних умовах на конкретний тип (групу, вид) обладнання, а також, більш детально, вказується у програмах випробувань, які розробляються виробником обладнання на підставі і з посиланнями на відповідні стандарти.

Програми випробувань включають визначення всіх необхідних показників, незалежно (як ми вже відмічали) від того, повною мірою процедура їх отримання підпадає під термін «випробування» чи вони скоріше відносяться до результатів вимірювань або обстежень.

Методи визначення показників, що застосовуються під час випробувань і вимірювань повинні бути регламентовані чинними нормативними документами. Вимога визначення під час вказаних вище випробувань будь-якого показника, супроводжується зазначенням нормативного документу на метод, за яким цей показник повинен бути визначеним.

За результатами випробувань виробника для кожної одиниці обладнання виписується паспорт, де, крім іншого (вид, тип, заводський номер, електричні параметри), вказуються результати випробувань, а також відповідність їх вимогам стандартів.

¹⁾ Надання знань у галузі стандартизації, метрології та сертифікації виходить за межі курсу, для якого призначений цей навчальний посібник, тому матеріали даного посібника містять тільки окремі фрагменти, що вказують на залежність і вплив вказаної вище галузі на процес виробництва та використання електрообладнання.

1.4 Види випробувань електрообладнання у споживача

Випробування електрообладнання, що проводяться на підприємствах, які використовують електрообладнання, можна розділити на **приймально-здавальні** і **експлуатаційні**.

Приймально-здавальні випробування проводяться з метою перевірки характеристик обладнання на відповідність їх паспортним даним. Проводяться для нового обладнання на стадіях його приймання від виготовлювача (постачальника) і монтажу на об'єкті споживача.

Експлуатаційні випробування проводяться з метою перевірки відповідності характеристик обладнання допустимим значенням, наведеним в нормативних документах з експлуатації даного обладнання. Такі випробування включають **випробування під час поточної експлуатації** та **випробування під час капітальних ремонтів** цього обладнання.

Випробування під час поточної експлуатації розділяються на випробування, що проводяться під час роботи обладнання без проведення ремонту, інакше – міжремонтні випробування, а також випробування, які виконуються під час поточних ремонтів. Випробування під час поточних ремонтів та міжремонтні випробування повинні встановити придатність або непридатність даної одиниці обладнання для подальшої роботи.

Капітальні ремонти виконуються для відновлення основних функцій обладнання. Тому **випробування під час капітальних ремонтів** проводяться у два етапи:

а) до капітального ремонту - з метою уточнення обсягів ремонту і отримання значень характеристик, з якими буде проведено порівняння після ремонту;

б) після капітального ремонту – з метою оцінки якості ремонту, усунення дефектів і відновлення основних функцій. Як правило, після капітального ремонту характеристики обладнання повинні бути відновленими до значень, наближених до наведених у паспорті або отриманих під час монтажу.

Обсяг випробувань, інакше - перелік показників, що підлягають визначенню на підприємствах, які займаються експлуатацією електрообладнання і підпорядковані Міністерству палива та енергетики України, обумовлений галузевим нормативним

документом «Норми випробування електрообладнання». Цим документом для кожного виду електрообладнання встановлено обов'язковий перелік показників, що повинні визначатись на всіх стадіях «перебування» даного обладнання на таких підприємствах, а також числові значення, яким повинні відповідати названі показники.

Наведемо приклади зазначених переліків для деяких видів обладнання:

1) Генератори і компенсатори

Приймально-здавальні випробування: R_{iz} , випробування $\sim U$, випробування $\equiv U$ із вимірюванням струмів витоку, R_{om} , R_{xx} , випробування на нагрівання (t^0), вібрації, гідравлічні випробування на щільність, перевірка роботи регуляторів тиску масла в масляних ущільненнях, аналіз проб газів у т. ч. ХАРГ і ін. – всього 33 показника.

Капітальний ремонт: майже те саме – всього 30 показників.

Поточна експлуатація: R_{iz} , випробування $\sim U$, випробування на нагрівання (t^0), вібрації, аналіз проб газів у т. ч. ХАРГ і ін. – всього 12 показників.

2) Електродвигуни змінного струму

Приймально-здавальні випробування: R_{iz} , випробування $\sim U$, випробування $\equiv U$ із вимірюванням струмів витоку, вібрації, гідравлічні випробування на щільність і ін. – всього 12 показників.

Капітальний ремонт: майже те саме.

Поточна експлуатація: тільки R_{iz} .

3) Силові трансформатори

Приймально-здавальні випробування: R_{60} , $tg\delta$, R_{om} , Z_k , R_{xx} , маслощільність, контроль проб масла з визначенням показників якості масла і ХАРГ, контроль комплектуючих (уводи і трансформатори струму - ізоляційні характеристики, охолоджувачі – гідравлічні випробування, перемикаючі пристрої – час спрацювання і вібрації) і ін. – всього (з урахуванням комплектуючих) до 30 показників.

Капітальний ремонт: практично те саме.

Поточна експлуатація: R_{60} , $tg\delta$, контроль проб масла з визначенням показників якості масла і ХАРГ, контроль уводів, тепловізійний контроль¹⁾.

4) Вимірювальні трансформатори

Приймально-здавальні випробування: R_{60} , $\text{tg}\delta$, S_x , випробування $\sim U$, R_{om} , полярність виводів, характеристика намагнічування, контроль проб масла з визначенням показників якості масла і ХАРГ.

Капітальний ремонт: не передбачений²⁾.

Поточна експлуатація: R_{60} , $\text{tg}\delta$, контроль проб масла з визначенням показників якості масла і ХАРГ, тепловізійний контроль¹⁾, вимірювання ізоляційних характеристик під робочою напругою³⁾.

5) Роз'єднувачі, відокремлювані

Приймально-здавальні випробування та капітальний ремонт: $R_{із}$, випробування $\sim U$, R_{om} , контроль розподілення напруг на ізоляторах за допомогою штанг, зусилля роз'єднання контактів, часові та швидкісні характеристики роботи.

Поточна експлуатація: контроль розподілення напруг на ізоляторах за допомогою штанг, тепловізійний контроль¹⁾.

¹⁾ Тепловізійний контроль можливий тільки для обладнання, що знаходиться в роботі.

²⁾ Капітальний ремонт передбачає розкриття обладнання. Оскільки вказані трансформатори відносяться до засобів вимірювань, їх розкриття буде супроводжуватись порушенням пломби Держстандарту, що може призвести до необхідності повторної метрологічної атестації таких трансформаторів.

³⁾ Такий спосіб вимірювань ізоляційних характеристик можливий тільки для обладнання, що має конденсаторну ізоляцію, тобто ізоляція між електродами (обмотками) різних напруг має проміжні конденсаторні обкладинки, які створюють ємнісний дільник, який, в свою чергу, і дозволяє проводити вимірювання без відключення обладнання від високої робочої напруги. Саме таку ізоляцію мають трансформатори струму напругою 330 кВ і вище.

6) Вентильні розрядники

Приймально-здавальні випробування: $R_{із}$, $U_{проб.}$, струм провідності.

Капітальний ремонт: можливий тільки на спеціалізованих дільницях¹⁾

Поточна експлуатація: $R_{із}$ (1/3 роки), струм провідності (1/6 років та у випадку зниження $R_{із}$ на 30% і більше), тепловізійний контроль²⁾.

7) Трубчаті розрядники

Приймально-здавальні випробування: вимірювання внутрішнього діаметра розрядника і його зовнішнього проміжку, зовнішній огляд, перевірка

розташування зони вихлопу (фази не повинні перехрещуватись та в цю зону не повинні потрапляти конструкції і проводи ПЛ).

Капітальний ремонт: не передбачений³⁾.

Поточна експлуатація: вимірювання зовнішнього діаметра розрядника, а також його внутрішнього і зовнішнього проміжку, зовнішній огляд, перевірка розташування зони вихлопу (фази не повинні перехрещуватись та в цю зону не повинні потрапляти конструкції і проводи ПЛ).

8) Уводи (прохідні ізолятори)

Приймально-здавальні випробування, капітальний ремонт, поточна експлуатація: R_{60} , $\text{tg}\delta$, S_x , випробування $\sim U$, для герметичних уводів – контроль тиску, для маслонаповнених уводів - контроль проб масла з визначенням показників якості масла і ХАРГ. Додатково під час поточної експлуатації - тепловізійний контроль¹⁾.

Перелічені характеристики (показники) вимірюються:

- а) на відключеному та розшинованому (від'єднаному від зовнішньої електричної схеми) обладнанні;
- б) на відключеному обладнанні без його розшинування (приєднаному до зовнішньої електричної схеми);
- в) без виведення обладнання із роботи (без його відключення і від'єднання від зовнішньої електричної схеми).

Найбільш достовірно технічний стан електрообладнання відображують характеристики (параметри), що виміряні під час впливу на це обладнання робочих навантажень (U , I , Θ , механічних зусиль, вібрацій і т. ін.). Отже, зростання інформативності, а у більшості випадків і економічності (зменшення витрат), досягається за рахунок вимірювань перелічених характеристик, проведених на працюючому обладнанні, тобто без виведення обладнання з роботи.

¹⁾ Капітальні ремонти вентильних розрядників повинні супроводжуватись, як і їх виготовлення, рядом випробувань, методика проведення яких є специфічною і призначеною для визначення параметрів, що належать тільки розрядникам.

²⁾ Тепловізійний контроль можливий тільки для обладнання, що знаходиться в роботі.

³⁾ Для цих розрядників капітальний ремонт є недоцільним з економічних міркувань.

Але проведення у такий спосіб вимірювань передбачає або наявність налаштованих (розроблених, модифікованих,) для цього методик і засобів вимірювань необхідних параметрів, або придатність (конструктивну, технологічну) самого обладнання до забезпечення умов проведення зазначених вимірювань без будь-якої зупинки своєї роботи. Складність практичної реалізації цих умов викликає певні обмеження у використанні контролю за технічним станом працюючого обладнання.

До прикладів, які ілюструють вказане, можна віднести наступне: найбільш придатним для стеження за станом значної кількості обладнання без його відключення є тепловізійний контроль проте існує обладнання, температурні аномалії якого складно співставити із прогнозованими в ньому дефектами; достатньо інформативним для маслonaповненого обладнання є контроль його стану за допомогою ХАГР, проте достатня кількість даного обладнання непридатна для цього, якщо не відключити його від напруги; ізоляційні характеристики під робочою напругою без суттєвих похибок можливо вимірювати для обладнання, що має конденсаторну ізоляцію.

За обставин, що існують на цей час, можливо, як правило, проводити контроль без виведення обладнання з роботи тільки за дуже обмеженим переліком його характеристик, а зміна «статусу визначення» (з відключенням обладнання – без відключення обладнання) для параметра, який вважається більш-менш ефективним, потребує додаткових, інколи і значних, витрат.

Тому доцільність проведення заходів, що нададуть можливість проводити вимірювання якогось із параметрів не тільки після відключення, але і без виведення із роботи обладнання, слід з огляду на ступінь інформативності та достовірності того чи іншого параметру в частині надання ним відомостей про технічний стан окремо взятого виду чи типу обладнання.