

Тема уроку: Експлуатація трансформаторного масла.

Література: Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. «Монтаж, експлуатація и ремонт электрооборудования.» Москва «Колос» 1981 с.203

План.

1. Характеристики трансформаторного масла.
2. Вплив домішок на характеристики трансформаторного масла.
3. Видалення домішок з масла.
4. Старіння трансформаторного масла.
5. Лабораторні випробування трансформаторного масла.

Характеристики трансформаторного масла в значній мірі залежать від домішок. Так, зміст всього 0,01 ... 0,02% вологи в маслі призводить до зниження пробивної напруги в 4 ... 5 разів. Це пояснюється тим, що полярна рідина - вода ($\epsilon = 80$), перебуваючи в неполярній рідині - олії ($\epsilon = 2,2$), здатна орієнтуватися у вигляді ланцюжків, витягнутих між електродами в напрямку поля. За цим ланцюжках і відбувається пробій зволоженого масла. Для створення ланцюжків досить невеликої кількості вологи, подальше підвищення її змісту в маслі поведе тільки до наростання числа паралельних ланцюгів, що не змінить значення пробивної напруги. У нерівномірних полях, в місцях з підвищеною напруженістю висока концентрація вологи може привести до утворення великих крапель, які осідають на дно посудини за межі межелектродного простору. Тому вплив вологості менш помітно при пробі маслі в нерівномірному електричному полі.

При експлуатації трансформатора волога може надходити в масло з навколишнього середовища і утворюватися в маслі в результаті відбуваються в ньому окислювальних процесів.

Негативно впливають на масло деякі домішки.

Парафін, розчиняючись в маслі, збільшує його в'язкість. Його присутність особливо неприпустимо в маслі вимикачів.

Вугілля нешкідливий для масла, але діє як стабілізуючий фактор для емульсії води і сприяє збільшенню кількості води в маслі.

Осади і шлам - продукти старіння масла - гігроскопічність і накопичують в собі значну кількість вологи. Будучи полярними діелектриками, вони можуть утворювати провідні містки, між електродами, за якими може відбуватися пробі маслі. До перекриття й руйнувань призводять і відкладення опадів і шламу на поверхні твердої ізоляції, що знаходиться в маслі; крім того, опади закупорюють канали між обмотками трансформатора і погіршують його охолодження.

Окислення масла відбувається під впливом кисню повітря, підвищеної температури і домішок. Окремо ці фактори впливають на масло значно слабкіше.

Домішки з масла видаляють сушінням або очищенням, а хімічний склад відновлюють регенерацією.

В енергетичних системах масло сушать двома способами: а) просмокуванням через нього сухого азоту або вуглекислого газу при кімнатній температурі; над маслом створюють вакуум 20 ... 30 кПа; б) розпиленням масла при кімнатній температурі і залишковому тиску 2,5 ... 5,5 кПа, для прискорення сушки масло підігрівають до 40 ... 50 ° С (313 ... 323К) при залишковому тиску 8 ... 13 кПа .

В умовах невеликих ремонтних підприємств масло сушать шляхом підігріву або відстою його при температурі 25 ... 35 ° С (298 ... 308К). Відстій - вкрай простий, дешевий і нешкідливий для масла спосіб сушіння. Недолік його - велика тривалість операції.

Сушка масла за допомогою підігріву також нескладна, причому масло можна підігрівати самими різними методами, в тому числі у власному баку трансформатора. Але тривале нагрівання; масла може привести до його псування.

В умовах експлуатації масло не тільки зволожується, але і забруднюється. Від води і механічних домішок масло очищають центрифугуванням і фільтруванням.

Центрифугування дозволяє відокремити воду і домішки, які важче масла. Температура масла повинна бути 45 ... 55⁰ С (318 ... 328К). При зниженій температурі висока в'язкість масла перешкоджає відділенню води і домішок, а при підвищенні температури вище 70⁰ С (343К) воду важко відокремити через що починається пароутворення і підвищеної розчинності води в маслі. Крім того, при підвищеній температурі відбувається інтенсивне старіння масла.

Фільтрування - продавлювання масла через пористе середовище (картон, папір, матерія, шар вибілюючої землі або силікагелю) здійснюють за допомогою фільтр-пресів. Фільтрувальний папір і картон не тільки затримують домішки, але і вбирають воду.

Найбільшою гігроскопічністю володіє м'який і пухкий картон, однак він погано затримує шлам і вугілля і сам виділяє багато волокон. Чергування в фільтр-пресі листів м'якого і твердого картону дозволяє отримати добре очищене масло.

Фільтрувати масло бажано при температурі 40 ... 50⁰ С (313 ... 323К), так як при більшій температурі падає гігроскопічність картону і зростає розчинність води в маслі. Забруднене картон можна прополоскати в чистому маслі, висушити і знову пустити в роботу. Для очищення 1 т масла потрібно близько 1 кг картону.

Фільтр-прес включають зазвичай після центрифуги для видалення залишків шламу і води. Він забезпечує майже граничну очищення масла від води і найбільш високу електричну міцність масла. До переваг фільтр-преса відносяться його здатність працювати при нормальній температурі, відсутність змішування масла з повітрям і можливість очищення масла від найдрібніших частинок вугілля. Однак центрифуги здатні очистити масло, що містить емульсії, тоді як фільтр-преси для очищення таких масел непридатні.

Центрифуги й фільтр-преси можна застосовувати для очищення масел, що знаходяться в баках трансформаторів, в тому числі і працюючих, але при суворому дотриманні техніки безпеки та особливих умов. Використання в фільтр-пресах в якості додаткової фільтрує середовища силікагеля або відбілюючих глин помітно знижує кислотне число олії.

В наслідок експлуатації масло окислюється («старіє»), при цьому змінюється його хімічний склад, утворюються кислоти і смоли і одночасно руйнуються ті природні антиокислювачі, які містяться в свіжому маслі. Внаслідок старіння масла прискорюється руйнування ізоляції трансформаторів. Особливо руйнується ізоляція органічного походження. Однак старіння масла зачіпає 3 ... 5% основних вуглеводнів масла, решта їх частина залишається незмінною і хорошої якості. Тому масло можна відновлювати - регенерувати. Регенерація масла дозволяє видаляти з нього продукти окислення і таким чином дати йому друге життя. Періодичність регенерації повинна складати 5 ... 7 років. Аналіз причин пошкоджуваності

трансформаторів показує, що приблизно у 30% вийшли з ладу трансформаторів ізоляція пошкоджена внаслідок прискореного старіння масла.

Технологія регенерації масел може бути різною. Так, на великих підприємствах масла регенерують за схемою «кислота - луг - промивка - земля» або «луг - кислота - промивка - земля». Для несильно окислених масел застосовують скорочений метод регенерації «кислота-земля» або «луг -земля». В умовах експлуатації найбільшого поширення набула регенерація масел за допомогою адсорбентів (особливі типи глини або одержувані штучним шляхом матеріали), які володіють сильно пористою поверхнею і при зіткненні з маслом поглинають з нього воду і різні полярні домішки. Так, адсорбент - окис алюмінію - добре видаляє з масла органічні і низькомолекулярні кислоти, тому застосовується найчастіше для безперервної регенерації масла за допомогою термосифонних фільтрів. Силікагель добре витягує з масла смоли і в меншій мірі кислоти і застосовується для регенерації більш окислених масел. Відбілюючі землі менш активні, ніж штучні адсорбенти, і застосовуються для доочищення масел після кислотної регенерації.

Масла регенерують двома способами: контактним і фільтруванням (перколяції). При першому способі окислене масло перемішують з намілко розмолотим адсорбентом (зазвичай природні глини і землі) при температурі 80 ... 90 ° С (353 ... 363К) протягом 20 ... 30 хв, після чого фільтрують.

Слід мати на увазі, що переочістка масла знижує його стабільність.

Для продовження терміну служби масла в трансформаторах і, отже, терміну служби самого трансформатора в експлуатації вживають таких заходів.

1. Повністю або частково захищають масло від зіткнення з зовнішнім повітрям. Так, за кордоном, особливо в Скандинавських країнах, невеликі хутори постачають електроенергією від повністю герметизованих трансформаторів.

Ряд французьких фірм виробляє великі трансформатори с, азотної захистом масла, у яких повітря з простору між кришкою бака і маслом викачано і замінений азотом. На кришці бака укріплена ємність (еластичний мішок), обсяг якої змінюється в залежності від температури нагріву трансформатора. Деякі з фірм встановлюють на кришку бака трансформатора клапанний пристрій, яке при нагріванні трансформатора надлишок азоту, що знаходиться в просторі під кришкою, випускає в атмосферу, а при охолодженні трансформатора герметизують його.

Трансформатори вітчизняного виробництва забезпечені розширниками, встановленими на кришці бака, це різко скорочує поверхню зіткнення масла з навколишнім середовищем. На великих трансформаторах встановлюють фільтри, які поглинають кисень і вологу з повітря, що надходить в трансформатор при його роботі.

2. Знижують температуру нагрівання масла при експлуатації. Згідно з рекомендаціями ПТЕ, фарбують баки трансформаторів в світлі тони, а також забезпечують відповідну вентиляцію працюючих трансформаторів.

3. У масло вводять спеціальні присадки - стабілізатори, або інгібітори (ионол, амідопірин та ін.), Що є антиокислювачами масла і помітно підвищують його стабільність. Присадки не тільки подовжують початковий (індуктивний) період окислення масла, але і захищають масло від каталітичного дії металів і оберігають метали від корозії кислими продуктами старіння масла.

Необхідно мати на увазі, що в залежності від вихідної сировини (нафти) склад масел можуть бути неоднаковими. Тому перед долівкою масел в апарати необхідно

обов'язково провести аналіз проб масла, переконатися в їх ідентичності і вибрати відповідний інгібітор.

4. Застосовують термосифонні фільтри для безперервної регенерації масла (передбачено ПТЕ для трансформаторів потужністю 160 кВА і вище). Це найбільш досконалі методи продовження терміну служби трансформаторних масел.

Термосифон є циліндр, заповнений адсорбентом і приєднаний патрубками до верхньої і нижньої частин бака трансформатора (рис. 57). Завдяки різниці температур масло, циркулюючи в термосифонного, очищається від води, кислот, смол і шламу.

Кількість силикагеля в фільтрі має становити 0,25 ... 1,5% маси масла. Чим більше силикагеля, тим вище ефективність його впливу на масло. Від кількості силикагеля залежить тривалість роботи фільтра. Його можна включати і вимикати в міру необхідності і навіть переносити з одного трансформатора на інший.

Невеликі за потужністю трансформатори сільських розподільних мереж, на жаль, не забезпечуються термосифонними фільтрами.

В умовах експлуатації при ревізіях і ремонтах трансформаторів доцільно на кришках їх баків встановлювати так звані поглинаючі патрони. Поглинаючими патронами або термосифонного фільтрами різної конструкції можна забезпечувати при ремонтах всі трансформатори застарілих серій.

При прожаренні великих частинок відпрацьованого адсорбенту при температурі 600 ... 700⁰ С (873 ... 973К) вигорають всі органічні речовини в їх порах і активна поверхня частинок адсорбенту відновлюється.

Заслуговує на увагу досвід використання в термосифонного фільтрах добавки до силікагель більш активного вологопоглинача - цеоліту.

Автори досліджували зміна електричної міцності масла двох трансформаторів, один з яких був забезпечений термосифонним фільтром, заповненим комбінованим адсорбентом з співвідношенням цеоліту та силікагелю 1: 5, інший не мав фільтра. Електрична міцність трансформаторного масла без фільтра змінювалася залежно від зміни відносної вологості навколишнього середовища.

Пробивна напруга масла трансформатора з фільтром спочатку зростала навіть при підвищенні вологості навколишнього, середовища (77 ... 84%) і досягло 46,8 кВ проти 36 кВ на день включення, потім пробивна напруга масла знизилася і до шостого місяця експлуатації досягло 25,5 кВ, в той час як відносна вологість навколишнього середовища знизилася і досягла 60 ... 70%. Таке явище пояснюється тим, що кількість цеоліту, що володіє високою акумулюючої здатністю, виявилася недостатнім, його можливості були вичерпані за 2 місяці. У той час коли в трансформаторі повинен був відбуватися природний процес самоосушення ізоляції масла за рахунок зниження відносної вологості навколишнього середовища, масло поступово зволожити за рахунок десорбції вологи, накопиченої цеолітом. Останнє підтвердилося контрольними зважуваннями цеоліту: по відношенню до своєї масі він поглинув 56% вологи.

Таким чином, цеоліт може здійснювати як позитивний, так і негативний вплив на масло. Після підвищення співвідношення цеоліту та силікагелю в трансформаторі до 1: 2,5 тривалість адсорбційної здатності фільтра зросла до 8 місяців. Цього робочого циклу цілком достатньо для регулювання вмісту вологи масла в допустимих межах у найбільш важкі періоди роботи трансформаторів в умовах сільського господарства.

Контрольні зважування цеоліту показали, що за 8 місяців він поглинув вологи 35% своєї маси. Середнє пробивна напруга масла склало 45 кВ при нижчому межі 38 кВ в момент включення.

5. Регулярно за планом перевіряють стан масла і при необхідності очищають його. Ізоляційне масло, що знаходиться в експлуатації, згідно ПТЕ, має піддаватися лабораторним випробуванням в такі строки:

1) один раз на рік для трансформаторів, що працюють без термосифонних фільтрів, - скорочений аналіз;

2) не рідше одного разу на 3 роки для трансформаторів, що працюють з термосифонного фільтрами, - скорочений аналіз;

3) після капітальних ремонтів трансформаторів і апаратів.

При підвищених значеннях $\text{tg}\delta$ і C_2 / C_{50} обмоток і вводів трансформаторів вимірюють $\text{tg}\delta$ масла.

Позачергову пробу масла для визначення температури спалаху потрібно відбирати з трансформатора при виявленні горючого газу в газовому реле трансформатора.

У вимірювальних трансформаторах напругою до 20 кВ і силових трансформаторах потужністю до 63 кВА, напругою до 10 кВ включно проби масла не відбирають і масло замінюють при бракувальних показниках за результатами профілактичних випробувань ізоляції.

Закріплення.

1. Як впливають на масло деякі домішки?
2. Як видаляють домішки з масла?
3. Як сушать в енергетичних системах масло?