

Лекція 1. Силові трансформатори і автотрансформатори

На електричних станціях і підстанціях встановлюють трансформатори для живлення споживачів і для зв'язку з енергосистемою. Потужність трансформаторів, встановлених в енергосистемах, перевищує встановлену потужність генераторів у 4-5 разів.

Переважає застосування мають трифазні трансформатори, економічні показники яких вище групи однофазних. Трифазні трансформатори на напругу 220 кВ виготовляють потужністю до 1000 МВА, на 330 кВ – 1250 МВА, 500 кВ – 1000 МВА. Однофазні трансформатори застосовують, якщо неможливе виготовлення трифазних необхідної потужності або утруднене їх транспортування. Найбільша потужність групи однофазних трансформаторів напругою 500 кВ – 3×533 МВА, 750 кВ – 3×417 МВА.

Трансформатори виготовляють за наступною шкалою потужностей, кВА:

крок 1,6						
10	16	25	40	63		
100	160	250	400	630		
1000	1600	2500	4000	6300		
10000	16000	25000	40000	63000		
крок 1,25						
80000	100000	125000	160000	200000	250000	320000
400000	500000	630000	800000	1000000	1250000	1600000

Ця шкала дозволяє раціонально вибрати трансформатори, вона враховує стандартну шкалу потужностей турбогенераторів на ЕС, а також можливі перетокки потужності по ПЛ різних напруг.

Триобмоткові трансформатори застосовують в основному в якості понижувальних. Вони мають потужність до 100 МВт і вищу напругу до 220 кВ. Обмотки на стрижнях розташовують концентрично у наступному порядку: обмотку вищої напруги зовні, обмотку нижчої напруги у стрижня, середнього – між вищим і нижчим. При цьому $U_{к.в-с}$ має мінімальне значення, що дозволяє передати більшу частину потужності в мережу середньої напруги з мінімальними втратами напруги, а $U_{к.в-н}$ відносно велика, що сприяє обмеженню струмів к.з. в мережі низької напруги.

Різновидом триобмоткового трансформатора є **трансформатор з розщепленою обмоткою** нижчої напруги. У такому трансформаторі обмотки нижчої напруги складаються з 2-х частин (віток), розташованих симетрично стосовно обмотки вищої напруги. Кожна вітка розщепленої обмотки має самостійні виводи. Допускається будь-який розподіл навантаження між вітками розщепленої обмотки, наприклад при двох вітках одна може бути цілком навантажена, а друга – відключена.

Перевагою трансформаторів з розщепленою обмоткою є великий опір к.з. між вітками, що дає можливість обмежити струм к.з. на стороні нижчої напруги. Підвищувальні трансформатори з розщепленою обмоткою дозволяють приєднати декілька генераторів до одного трансформатора.

В енергосистемах одержали поширення триобмоткові **автотрансформатори** – трифазні і групи з однофазних – для з'єднання мереж напругою 110 кВ і вище, де відношення номінальних напруг не перевищує 3–4. При тій же потужності автотрансформатори мають наступні переваги

- менша витрата міді, сталі, ізоляційних матеріалів;
- менша маса, а отже, менші габарити, що дозволяє створювати автотрансформатори більших номінальних потужностей, ніж трансформатори;
- менші втрати й більший ККД;
- більше легкі умови охолодження.

Недоліки автотрансформаторів:

- необхідність глухого заземлення нейтралі, що приводить до збільшення струмів однофазного КЗ;
- складність регулювання напруги;
- небезпека переходу атмосферних перенапруг внаслідок електричного зв'язку обмоток ВН і СН.

Регулювання напруги

Для регулювання напруги в системі за допомогою трансформаторів на одній (чи на двох у триобмоткових) із обмоток передбачені крім основного виводу додаткові відгалуження і відповідні перемикаючі пристрої для зміни коефіцієнту трансформації.

Розрізняють два види перемикаючих пристроїв:

- пристрій для переключення числа витків при відключеному трансформаторі (без збудження) – ПБЗ (ПБВ): $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$.
- пристрої для переключення під навантаженням (РПН): до 20 %.

Система охолодження масляних трансформаторів

При роботі трансформатора відбувається нагрівання обмоток і магнітопроводу за рахунок втрат енергії в них. Граничне нагрівання частин трансформатора обмежується ізоляцією, термін служби якої залежить від температури нагрівання. Чим більша потужність трансформатора, тим інтенсивніша повинна бути система охолодження.

Природне **повітряне охолодження** (С) трансформаторів здійснюється шляхом природної конвекції повітря й частково випромінювання в повітрі. Такі трансформатори одержали назву «сухих». Така система охолодження малоефективна, тому застосовується для трансформаторів потужністю до 1600 кВА при напрузі до 15 кВ.

Природне **масляне охолодження** (М) виконується для трансформаторів потужністю до 16 МВА включно. У таких трансформаторах тепло передається назовнішньому маслу, що, циркулюючи по баку й радіаторних трубах, передає його назовнішньому повітрю. При номінальному навантаженні трансформатора температура масла у верхніх, найбільш нагрітих шарах не повинна перевищувати $+95^{\circ}\text{C}$.

Для кращої віддачі тепла в навколишнє середовище бак трансформатора забезпечується ребрами, що прохолоджують трубами або радіаторами залежно від потужності.

Масляне охолодження з дуттям і природної циркуляцією масла (МЦ) застосовується для потужніших трансформаторів. У цьому випадку в націпних охолоджувачах з радіаторних труб містяться вентилятори. Вентилятор засмоктує повітря знизу і обдуває нагріту верхню частину труб. Трансформатори з таким охолодженням можуть працювати при повністю відключеному дутті, якщо навантаження не перевищує 100% номінального, а температура верхніх шарів масла не більше + 55°C; також при мінусових температурах навколишнього повітря й при температурі масла не вище + 45°C незалежно від навантаження. Максимально припустима температура масла у верхніх шарах при роботі з номінальним навантаженням + 95 °C.

Така система охолодження дозволяє виготовляти трансформатори потужністю до 80 МВА.

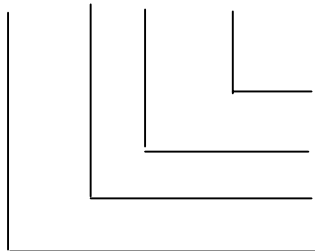
Масляне охолодження з дуттям і примусовою циркуляцією масла через повітряні охолоджувачі (ДЦ) застосовується для трансформаторів потужністю 63 МВА й більше.

Охолоджувачі складаються із системи тонких ребристих трубок, що обдувають зовні вентилятором. Електронасоси, вбудовані в мастилопроводи, створюють безперервну примусову циркуляцію масла через охолоджувачі.

Масляно-водяне охолодження із примусовою циркуляцією масла (Ц) принципово влаштовано так само, як система ДЦ, але на відміну від останнього охолоджувачі складаються із трубок, по яких циркулює вода, а між трубками рухається масло. Температура масла на вході в маслоохолоджувач не повинна перевищувати + 70°C. Ця система охолодження ефективна, але має більше складне конструктивне виконання й застосовується на потужних трансформаторах (160 МВА й більше).

Відповідно до ГОСТ 11677-85 силові трансформатори повинні мати наступну структурну схему умовного позначення:

х — х / х — х



Кліматичне виконання й категорія розміщення за ДСТ 15150
Клас напруги сторони ВН, кв
Номінальна потужність трансформатора, кВА
Буквена частина позначення типу

Буквена частина умовної позначки повинна містити позначення в наступному порядку:

- А – автотрансформатор;
- О або Т – однофазний або трифазний трансформатор;
- Р – розщеплена обмотка НН;

– умовна позначка видів охолодження:

Вид системи охолодження трансформатора	Умовна позначка виду системи охолодження
Сухі трансформатори	
Природне повітряне при відкритому виконанні	С
Природне повітряне при захищеному виконанні	СЗ
Природне повітряне при герметичному виконанні.	СГ
Повітряне із примусовою циркуляцією повітря	СД
Масляні трансформатори	
Природна циркуляція повітря й масла	М
Примусова циркуляція повітря й природна циркуляція масла	Д
Природна циркуляція повітря й примусова циркуляція масла з ненаправленим потоком масла	МЦ
Природна циркуляція повітря й примусова циркуляція масла зі спрямованим потоком масла	НМЦ
Примусова циркуляція повітря й масла з ненаправленим потоком масла	ДЦ
Примусова циркуляція повітря й масла зі спрямованим потоком масла	НДЦ
Примусова циркуляція води й масла з ненаправленим потоком масла	Ц
Примусова циркуляція води й масла зі спрямованим потоком масла	НЦ
Трансформатори з негорючим рідким діелектриком	
Природне охолодження негорючим рідким діелектриком	Н
Охолодження негорючим рідким діелектриком із примусовою циркуляцією повітря	НД
Охолодження негорючим рідким діелектриком із примусовою циркуляцією повітря й зі спрямованим потоком рідкого діелектрика	ННД

Л – виконання трансформатора з литою ізоляцією;
Т – триобмотковий трансформатор;
Н – трансформатор РПН.