**Практичне заняття 10**

**Визначення втрат потужності та електроенергії в трансформаторах**

**10.1 Теоретичні відомості**

Передача потужності через трансформатор супроводжується втратами потужності в активному та реактивному опорах обмоток, а також втратами, пов’язаних з намагнічуванням сталі. Втрати в обмотках залежать від струму, що протікає по них. Втрати на намагнічування визначається прикладеною напругою і в першому наближенні можуть бути прийняті незмінними і рівними втратам потужності в режимі холостого ходу. Сумарні втрати потужності в трансформаторі:

,

. (10.1)

Розрахунок втрат потужності в трансформаторі (кВт, квар) зручніше проводити з використанням каталожних даних:

,

, (10.2)

де S – навантаження трансформатора, кВА;

Sном.ТР – номінальна потужність трансформатора, кВА.

При паралельній роботі *п* однакових трансформаторів їх еквівалентний опір зменшується в *п* разів, в той же час втрати на намагнічування у стільки ж раз збільшуються. При цьому:

,

, (10.3)

Потужності на стороні ВН та НН трансформатора відрізняються між собою на втрати потужності в опорах трансформатора, тобто:

, (10.4)

При розрахунку режиму роботи мережі за потужністю на стороні НН транформатора до формул підставляються потужність *S*``ТР та напруга *U*ТР2 , а опори *R*ТР та *X*ТР визначаються за напругою *U*ТР2.  При аналогічному розрахунку за потужністю на стороні ВН трансформатора в ці ж вирази підставляються потужність *S*`ТР та напруга *U*ТР1 (рис. 10.1), а опори *R*ТР та *X*ТР визначаються за напругою *U*ТР1.



Рисунок 10.1 – Втрати в трансформаторі

Потужність на зажимах трансформатора *S*ТР більше потужності *S*`ТР на стороні ВН на втрати потужності в провідностях трансформатора, тобто:

.

Втрати енергії в трансформаторі (кВт·год), що не залежать від струму навантаження, визначаються шляхом множення втрат потужності на час їх дії:

, (10.5)

Втрати енергії в трансформаторі (кВт·год), що залежать від струму навантаження, визначаються шляхом множення втрат потужності на час максимальних втрат τ:

, (10.6)

Повна втрата енергії в трансформаторі (кВт·год) визначається наступним чином:

. (10.7)

В загальному вигляді втрати електроенергії в трансформаторах підстанцій в кВт·год складають:

 (10.8)

де Δ*P*к.ном – втрати активної потужності в обмотках трансформатора при номінальному навантаженні, кВт;

Δ*P*ст – втрати активної потужності в сталі трансформатора, кВт;

*S* – максимальна розрахункова потужність, перетворювана трансформаторами підстанції, кВ·А;

*S*ном – номінальна потужність трансформатора, кВ·А;

*m* – кількість трансформаторів на підстанції;

*t* – час, протягом якого трансформатор знаходиться під напругою, год.

Час t можна прийняти рівним 8760 годин.

**10.2 Приклад вибору**

**Приклад 1**

**Вихідні дані:**

Визначити втрати електроенергії в двох трансформаторах підстанції, що працюють цілий рік. Максимальне навантаження підстанції *Pmax*=16 МВт, cosφ=0,9. Встановлені трансформатори 110/10 кВ типу ТДН потужністю 10 МВА кожний; *T*в=6000 год.

**Знайти:**

Визначити втрати електроенергії в двох трансформаторах підстанції та загальну кількість електроенергії, переданої трансформаторами за рік

**Рішення:**

1. Визначимо повне максимальне навантаження підстанції:

 МВА.

2. Визначимо час максимальних втрат:

 год.

3. З паспортних даних трансформатору визначимо:

Номінальні втрати в кожному трансформаторі: навантажувальні (в обмотках) Δ*P*м.ном=60 кВт; холостого ходу (в сталі) Δ*P*ст.=15,5 кВт.

4. Визначимо річні втрати електроенергії в трансформаторах за виразом (10.8):



5. Визначимо загальну кількість електроенергії *W*тр, переданої трансформаторами за рік:

 кВт·год.

**Приклад 2**

**Вихідні дані:**

На головній знижувальній підстанції машинобудівного заводу встановлені два паралельно працюючі трансформатори типу ТДН-16000/110. Максимальна потужність, що споживається заводом, дорівнює 25 МВА, коефіцієнт потужності cosφ=0,8. Час використання максимального навантаження *T*в=4300 год.

**Знайти:**

Визначити втрати активної та реактивної потужностей, а також втрати активної енергії в трансформаторах за рік.

**Рішення:**

1. З паспортних даних трансформатору визначимо:

Δ*P*к=85 кВт; Δ*P*х=21 кВт, *u*к=10,5%, *i*х=0,85%.

2. Визначимо втрати активної потужності в паралельно працюючих трансформаторах за виразом (10.3):

 кВт.

3. Визначимо втрати реактивної потужності в паралельно працюючих трансформаторах за виразом (10.3):

,

4. Визначимо час максимальних втрат:

 год.

5. Визначимо річні втрати електроенергії в трансформаторах за виразом (10.8):



Питання:

1. Втрати в обмотках трансформатора залежать від

- струму, що протікає по них

- напруги, що прикладена до них

- потужності трансформатора

- опору трансформатора

2. Втрати на намагнічування визначається

- прикладеною напругою

- струму, що протікає

- потужності трансформатора

- опору трансформатора

3. Як ще називають навантажувальні втрати трансформатора (втрати в обмотках)

- втрати в міді

- втрати в сталі

- втрати в алюмінії

- втрати в чавуні

4. Як ще називають втрати холостого ходу трансформатора

- втрати в сталі

- втрати в міді

- втрати в алюмінії

- втрати в чавуні