

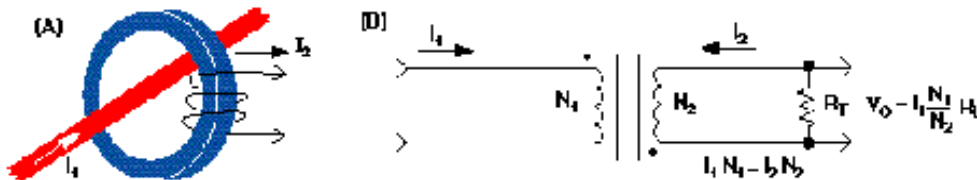
Transformatorul de curent

Transformatorul de curent este o solutie simpla de masurare izolata galvanic în cazul particular, dar des întâlnit, al curentului alternativ pur sinusoidal. La fel cu senzorii de curent magnetici acesta este construit de obicei pe un tor din material feromagnetic (fig. 11A). Transformatorul de curent funcționează ca orice transformator, curentii din înfasurarile primar si secundar fiind legati de relatia:

$$i_S N_S = i_P N_P \quad (4)$$

unde i_P = curentul din primar;
 i_S = curentul din secundar;
 N_P = numarul de spire din primar;
 N_S = numarul de spire din secundar (fig. 11B).

Curentul din primar induce în secundar un curent care este transformat de rezistenta de sarcina R_L într-o tensiune (fig. 11C). În aplicatiile tipice ale transformatorului de curent secundarul are mai multe spire decat primarul care de obicei are o singura spira. Astfel curentul din secundar are valori substantial mai mici si mai usor de masurat decat cele din primar.



Transformatorul de curent este o solutie simpla de masurare izolata galvanic în cazul curentului alternativ (A). Curentii primar si secundar sunt dati de relatia $i_P N_P = i_S N_S$ (B). Utilizarea corecta presupune o rezistenta de valoare mica pe bornele înfasurarii secundare. R_T .

Un transformator de curent ideal nu apare ca o sarcina inductiva, asa cum apare senzorul de curent cu efect Hall, ci ca un rezistor în serie cu înfasurarea primara. Valoarea acestui rezistor este data de relatia:

$$R_P = R_S (N_P / N_S)^2$$

Rezistența parazită produce în circuitul primar o cadere de tensiune la fel ca o rezistență reală de aceeași valoare în serie cu primarul.

Comportarea neideală a transformatorului de curent necesită câteva precizări. În măsurătorile de curent la frecvențe joase până la moderate (<10 kHz) contează cuplajul mutual și reactanța secundarului. Cuplajul mutual reprezintă gradul în care fluxul generat de primar trece prin secundar și invers. Un transformator eficient are un cuplaj mutual mare. Miezurile toroidale și cele tip E favorizează cuplajul mare.

Reactanța secundarului este necesar să fie, la frecvențele de interes, semnificativ mai mare decât rezistența sa totală ($X_{LS} > 10 R_S$) pentru a avea în secundar un curent care să reflecte cu precizie curentul primar. Reactanța se poate calcula cu formula:

$$Z_L = 2\pi f N^2 A_L / 10^9$$

unde f = frecvența de lucru în Hz:

N = numărul de spire;

A_L = inductanța caracteristică în mH/1000 spire

Z_R = reactanța inductivă în Ohm-i.

Fenomenul de saturație se poate manifesta și în transformatoarele de curent, dar curentul alternativ necesar saturației este semnificativ mai mare decât cel din curent continuu deoarece curentul indus în secundar generează un flux magnetic în opoziție cu cel din primar (legea Lenz). Trebuie avut grijă să nu existe componente continue suprapuse peste curentul alternativ fiindcă acestea pot satura rapid miezul și distorsiona măsurătorile.

TRANSFORMATORUL TRIFAZAT - ELEMENT DE REȚEA

Transformatorul este un element component al rețelei electrice. Prin intermediul transformatoarelor electrice se transformă o putere electrică alternativă cu anumiți parametri într-o altă putere electrică alternativă de aceeași frecvență dar cu parametrii electrici modificați.

Elementele caracteristice sau datele de catalog ale unui transformator sunt:

- Puterea nominală aparentă, S_{nT} ;
- Tensiunile nominale primare și secundare, U_1 , U_2 ;

- Raportul de transformare, K_{12} ;
- Impedanța de scurtcircuit, Z_{sc} ;
- Tensiunile relative de scurtcircuit, u_{sc} ;
- Curentul de mers în gol, I_0 ;
- Pierderile în scurtcircuit, Δp_{sc} ;
- Pierderile la mersul în gol, Δp_0 ;
- Numerele caracteristice.

Înfășurarea care primește energia se numește înfășurare primară iar înfășurarea care cedează (alimentează) energia se numește înfășurare secundară.

CLASIFICAREA TRANSFORMATOARELOR

După funcția pe care o au în cadrul sistemului electric, se disting următoarele categorii de transformatoare:

- Transformatoare de putere;
- Transformatoare auxiliare;
- Transformatoare de separare;
- Autotransformatoare.

CONEXIUNILE TRANSFORMATOARELOR

Conexiunea unui transformator reprezintă schema de conexiuni a înfășurărilor sale și precizarea unghiului de defazaj al fazorului tensiunii secundare de linie față de fazorul tensiunii primare corespunzătoare. Pentru transformatoarele trifazate de putere se folosesc trei conexiuni de bază: în stea, în triunghi și în zig-zag.

Conexiunile în stea, triunghi și în zig-zag se reprezintă convențional prin literele Y, D și Z, pentru înfășurările de înalta tensiune și prin literele y, d și z pentru înfășurările de joasa tensiune. Când una din înfășurări are nulul accesibil și legat direct la pământ la simbolul respectiv se adaugă cifra 0, de exemplu Y_0 , sau y_0 .

Alegerea grupei de conexiuni a transformatorului se face în funcție de condițiile de funcționare ale transformatorului. Astfel pentru transformatoarele din stațiile centralelor electrice înfășurările pe partea centralei se adoptă în triunghi iar pe partea rețelei în stea. Pentru transformatoarele din stațiile de conexiuni se adopta conexiunea stea-stea.

SCHEMELE ECHIVALENTE ALE TRANSFORMATOARELOR

În cadrul studiilor de sistem, un transformator electric poate fi considerat ca și o cutie neagră, cu o intrare și o ieșire. Terminalele de la intrare sunt legate la rețea și au un anumit nivel de tensiune, iar ieșirea este legată la sarcina electrică cu un alt nivel de tensiune.

Parametrii electrici din schema electrică echivalentă a transformatorului se numesc constantele transformatorului. Acestea caracterizează regimul de funcționare al transformatorului. Constantele transformatorului se determină practic din încercările transformatorului, sau prin măsurători pe transformatoarele existente. În funcție de rețeaua de secvență ce se construiește, se disting schemele electrice echivalente de secvență ale transformatoarelor și corespunzător constantele de secvență. Acestea sunt constantele de secvență directă/pozitivă, inversă/negativă și homopolară/zero.

Schemele electrice echivalente de secvență directă și inversă sunt identice, iar constantele transformatorului de secvență directă și inversă sunt egale. Schema electrică echivalentă de secvență homopolară depinde de tipul constructiv al transformatorului, de schema de conexiuni a înfășurărilor și de puterea transformatorului. Un transformator trifazat, în regim de încărcare simetrică și echilibrată poate fi reprezentat printr-o schemă electrică echivalentă monofazată raportată la tensiunea nominală a înfășurării primare sau secundare. Această reprezentare, pentru schema de secvență directă și inversă poate fi în T, π ori Γ , după cum este reprezentată în figurile 1.11, -a și b și 1.12.

Rezistența R_T și reactanța X_T definesc parametrii longitudinali ai transformatorului, iar conductanța G_T și susceptanța inductivă B_T formează parametrii transversali ai transformatorului.

PARAMETRII/CONSTANTELE TRANSFORMATOARELOR CU DOUĂ ÎNFĂȘURĂRI

Parametrii de secvență directă și inversă

Transformatorul fiind un element static (fără elemente în mișcare), Parametrii / constantele lui de secvență directă sunt egale cu parametrii de secvență inversă.

Schema și constantele unui transformator sunt complet determinate dacă se cunosc următoarele mărimi:

S_N - puterea aparentă nominală, în VA, KVA sau MVA;

U_N - tensiunile nominale primare, respectiv secundare, în V sau KV;

ΔP_{scn} - pierderile nominale de putere în cupru (sau pierderile în scurtcircuit), corespunzător regimului de scurtcircuit, în W sau KW;

ΔP_{Fe} - pierderile nominale de putere corespunzătoare regimului de mers în gol, în W sau KW; U_{sc} - tensiunea nominală de scurtcircuit, în %;