

Soluția tehnică solicitată se referă la domeniul electrotehnic și poate fi utilizată la dirijarea cu fluxurile de putere activă în rețelele electrice de transport și de distribuție.

Este cunoscută instalația de reglare a decalajului de fază de tip transformator, ce include două transformatoare trifazate (two core design), unul dintre care exercită funcția elementului de excitare (paralel), iar celălalt exercită funcția elementului de reglare (consecutiv) [1]. Totodată, tensiunea de alimentare a înfășurărilor de joasă tensiune a transformatorului de reglare se modifică prin cuplarea în trepte a ramificațiilor bobinelor de reglare de joasă tensiune ce aparțin transformatorului de excitare cu ajutorul contactelor mecanismului de comutare sub sarcină (MCS) cu legare la pământ.

Dezavantajul soluției tehnice menționate constă în complexitatea și masivitatea construcției, cauzate de necesitatea utilizării și coordonării funcționării a două elemente transformatoare, de astfel, și problemele aferente transportării și alegerii locului de instalare și asamblare a acestora la Stația de transformare. Totodată, puterea tipică a instalației crește semnificativ pe măsura creșterii unghiului maxim al decalajului de fază, la care se calculează utilajul în conformitate cu condițiile de funcționare în nodurile corespunzătoare ale rețelei electrice. Avantajul acestei soluții tehnice constă în posibilitatea instalării comutatorului ramurilor de reglare în punctul de neutru a conexiunii înfășurărilor de reglare, adică, fără necesitatea protecției de izolare specială a carcasei, precum și a altor elemente ale comutatorului de tensiunile periculoase ale rețelei.

Este cunoscut, de astfel, și instalația trifazată de reglare a decalajului de fază de tip transformator [2] realizată pe baza unui singur transformator (single core design), ce posedă indici de masă și gabarit mai favorabili, însă necesită utilizarea unei platforme de izolare speciale de funcționare la tensiuni înalte pentru instalarea mecanismului de comutare sub sarcină (MCS). Costul și dimensiunile acestei platforme cresc brusc pe măsura creșterii clasei de tensiune a liniilor electrice pentru care este preconizată instalația dată. Începând de la un anumit nivel de tensiune, astfel de instalație, realizată în baza unui singur transformator își pierde avantajele sale comparativ cu instalația de reglare a decalajului de fază realizată din două transformatoare.

Scopul invenției constă în crearea unei instalații trifazate de reglare a decalajului de fază de tip transformator bazată pe un singur transformator dirijat cu ajutorul contactelor de comutare legate la pământ a mecanismului comutator cu ramificațiile reglabile sub sarcină, ce va asigura o utilizare compactă, comodă la transportare, montare și deservire a construcției instalației, capabile de a concura cu dispozitive realizate pe baza a două transformatoare.

Sarcina pusă se soluționează prin utilizarea construcției trifazate cu trei înfășurări a transformatorului, formată de către două sisteme trifazate a înfășurărilor primare și secundare de lucru, în combinație cu sistemul trifazat a înfășurărilor de reglare cu contactele legate la pământ a mecanismului de comutare sub sarcină, ce include un comutator trifazat dublu cu două poziții, care realizează schimbarea direcției de reglare a unghiului decalajului de fază, la care în prima poziție a comutatorului indicat începuturile înfășurărilor primare ale fiecărei faze sunt conectate prin contacte corespunzătoare la începuturile înfășurărilor secundare care întârzie în succesiunea de faze, iar punctul comun de conectare a fiecărei astfel de perechi de înfășurări este conectat la capătul înfășurării de reglare a fazei a treia, diferită după denumire de primele două; în a doua poziție a comutatorului dublu punctele de conectare a începuturilor înfășurărilor primare și secundare similare sunt inversate reciproc cu locurile. Totalitatea caracteristicilor expuse asigură posibilitatea soluționării acestei sarcini cu ajutorul unui singur element de transformare (un singur transformator) dirijat prin mecanism de comutare sub sarcină, contactele mobile ale căruia sunt legate la pământ.

În Fig.1 este prezentată schema electrică principală a instalației propuse. Lista pozițiilor din Fig.1.

A1, B1 și C1 - intrări electrice (bornele de intrare) ale instalației;

A2, B2 și C2, - ieșiri electrice (borne de ieșire) ale instalației;

A, B, C - denumirea fazelor respective ale sistemului trifazat;

1- înfășurarea primară a fazei A;

2 – înfășurarea primară a fazei B;

3 – înfășurarea primară a fazei C;

4 – înfășurarea secundară a fazei A;

5 – înfășurarea secundară a fazei B;

6 – înfășurarea secundară a fazei C;

7 – înfășurarea de dirijare (reglare) a fazei A;

8 – înfășurarea de dirijare (reglare) a fazei B;

9 – înfășurarea de dirijare (reglare) a fazei C;

10 – contactul mobil al fazei A a mecanismului de comutare a ramificațiilor de reglare sub sarcină;

11 – contactul mobil al fazei B a mecanismului de comutare a ramificațiilor de reglare sub sarcină;

12 – contactul mobil al fazei C a mecanismului de comutare a ramificațiilor de reglare sub sarcină;

13 – miez fieromagnetic al fazei A A;

14 – miez fieromagnetic al fazei B;

15 – miez fieromagnetic al fazei C;

16 – comutator trifazat dublu cu două poziții;

a, b – prima și a doua poziție a comutatorului dublu trifazat cu două poziții;

*– simbolul ce marchează capătul înfășurării corespunzătoare a transformatorului.

În Fig.2 sunt prezentate diagramele vectoriale ale tensiunilor instalației trifazate de reglare decalajului de fază de tip transformator pentru diferite poziții ale comutatorului dublu cu două poziționat 16:

– trecerii comutatorului 16 în poziția a corespunde diagrama vectorială din Fig.2a;

– trecerii comutatorului 16 în poziția b corespunde diagrama vectorială din Fig.2b.

Lista elementelor din Fig.2.

UA1, UB1 și UC1 – tensiunile de fază la intrarea instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator;

UA2, UB2 și UC2 - tensiunile de fază de la ieșirea instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator;

U1A, U1B și U1C – tensiunile la înfășurările primare (1, 2, 3) ale instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator;

U2A, U2B și U2C – tensiunile la înfășurările secundare (4, 5, 6) ale instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator;

UPA, UPB și UPC – tensiunile preluate de pe înfășurările de reglare (7, 8, 9) ale instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator;

ψ – unghiul decalajului de fază dintre sistemele trifazate ale vectorilor tensiunilor de la intrarea și ieșirea instalației de reglare a decalajului de fază de tip transformator.

Instalația reprezentată în Fig.1 este compusă din următoarele noduri și conexiuni. Înfășurările primare 1, 2 și 3 ce aparțin fazelor A, B și C ale instalației trifazate de reglare a decalajului de fază de tip transformator sunt amplasate pe miezurile de fier corespunzătoare (13, 14 și 15) ale circuitului magnetic a transformatorului. Capetele acestor înfășurări A1, B1 și C1 sunt intrările electrice ale instalației date. Analogic înfășurările secundare 4, 5 și 6 executate cu numărul de spire din fiecare egale numărului de spire a bobinelor primare, sunt amplasate pe miezurile omonime (după denumirea fazelor) a aceluiași circuit magnetic.

Capetele înfășurărilor A2, B2 și C2 sunt ieșirile electrice ale instalației. Egalitatea numărului de spire ale înfășurărilor primare și secundare asigură simetria reglării, ceea ce semnifică egalitatea modulelor tensiunilor de intrare și ieșire în procesul reglării în lipsa curentului sarcinii la ieșire din transformator. Înfășurările de reglare 7, 8 și 9, numărul de spire a cărora se stabilește în dependență decalajul de fază maxim dat la proiectarea instalației, sunt amplasate pe aceleași miezuri ale circuitului magnetic. Contactele mobile corespunzătoare de captare a curentului 10, 11 și 12 aderente la înfășurările de reglare sunt manevrate prin intermediul instalației mecanice de reglare a tensiunii sub sarcină (comutator de reglare sub sarcină MCS) comun pentru toate fazele, datorită căruia se efectuează coordonarea deplină cu operațiile de comutare în toate fazele.

Noțiunea de „contact mobil” aplicată în cazul dat se extinde atât asupra variantei de contact glisant, cât și asupra variantei de contact ce exercită comutarea în trepte a ramificațiilor de reglare. Contactele mobile menționate sunt electric conectate între ele și formează neutrul legat la pământ a instalației trifazate de reglare a decalajului de fază.

Comutatorul trifazat dublu cu două poziții 16 este destinat pentru schimbarea direcției de reglare a unghiului decalajului de fază în direcția devansării sau întâzierii. Dacă tensiunea de ieșire a instalației deviază după fază în raport cu tensiunea de intrare în direcția mișcării acelor de ceasornic, atunci unghiul decalajului de fază se consideră în avansare (pozitiv). În caz contrar, unghiul decalajului de fază este în întâzriere (negativ).

Poziția a a comutatorului 16 corespunde reglării unghiului decalajului de fază în regiunea valorilor sale pozitive, poziția b - în regiunea valorilor negative.

La deplasarea comutatorului 16 în poziția a capetele de la începutul înfășurărilor primare (1,2 și 3) a fiecărei faze a transformatorului de reglare a decalajului de fază sunt conectate cu începuturile înfășurărilor secundare (5,6 și 4) în ordinea următoare de alternanță a fazelor. Punctele comune de conexiune a fiecărei dintre perechile formate, sunt scoase la capetele înfășurărilor de reglare a fazelor trei (9,7 și 8), a căror denumire nu corespunde cu marcarea fazelor perechilor înfășurărilor primare și secundare conectate.

La trecerea comutatorului 16 în poziția b punctele de conexiune a începuturilor înfășurărilor primare (1, 2 și 3) și a începuturilor înfășurărilor secundare (4, 5 și 6) omonime a fiecărei din faze se schimbă cu locurile.

Instalația prezentată în Fig.1 funcționează în modul următor.

La aplicarea tensiunii de rețea la bornele de intrare (A1, B1 și C1) se formează un circuit electric închis al curentului de magnetizare prin contactele mobile (10,11 și 12), ce generează un flux magnetic în miezurile magnetice sub influența căruia în înfășurările primare, secundare și de reglare a transformatorului se stabilește o tensiune determinată de numărul spirelor ale fiecărei înfășurări.

Diagramă vectorială care explică principiul de funcționare a dispozitivului la deplasarea comutatorului 16 în poziția a, este prezentată în Fig.2.

În conformitate cu această diagramă vectorială se stabilește următoarea stare a schemei instalației:

- începutul vectorului tensiunii U1A ce aparține înfășurării primare a fazei A, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2B ce aparține următoarei înfășurări secundare din ordinea de alternanță, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPC ce aparține înfășurării fazei a treia C, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate;

- începutul vectorului tensiunii U1B ce aparține înfășurării primare a fazei B, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2C ce aparține înfășurării secundare din următoarea ordinea de alternanță a fazei C, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPA ce aparține înfășurării fazei a treia A, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate;

- începutul vectorului tensiunii U1C ce aparține înfășurării primare a fazei C, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2A ce aparține înfășurării secundare din următoarea ordinea de alternanță a fazei A, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPB ce aparține înfășurării fazei a treia B, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate.

Comutarea ramificațiilor înfășurărilor de dirijare (7,8 și 9) cu ajutorul contactelor mobile (10,11 și 12) este însoțită de schimbarea tensiunilor UPA, UPB și UPC după valoare, ceea ce asigură valoarea pozitivă a unghiului decalajului de fază reglat ψ dintre sistemele trifazate a tensiunilor de intrare (UA1, UB1, UC1) și de ieșire (UA2, UB2, UC2) a instalației.

Diagrama vectorială care explică principiul de funcționare a instalației la trecerea comutatorului 16 în poziția b este prezentată în Fig.2 b. În conformitate cu această diagramă vectorială se determină următoarea stare a schemei dispozitivului:

- începutul vectorului tensiunii U1A ce aparține înfășurării primare a fazei A, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2C ce aparține înfășurării secundare precedente din ordinea de alternanță a fazei C, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPB ce aparține înfășurării fazei a treia B, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate;

- începutul vectorului tensiunii U1B ce aparține înfășurării primare a fazei B, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2C ce aparține înfășurării secundare precedente din ordinea de alternanță a fazei A, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPC ce aparține înfășurării fazei a treia C, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate;

- începutul vectorului tensiunii U1C ce aparține înfășurării primare a fazei C, este conectat cu începutul vectorului tensiunii U2B ce aparține înfășurării secundare precedente din ordinea de alternanță a fazei B, iar punctul comun de conectare a perechii de vectori menționați este scos la sfârșitul vectorului tensiunii de reglare UPA ce aparține înfășurării fazei a treia B, notarea căreia este diferită de notarea fazelor perechii conectate.

Fixarea comutatorului 16 în poziția b stabilește valoarea negativă a unghiului decalajului de fază reglat ψ dintre sistemele trifazate a tensiunilor de intrare (UA1, UB1, UC1) și de ieșire (UA2, UB2, UC2) a instalației.

Astfel, utilizarea înfășurărilor suplimentare, precum și a comutatorului dublu cu două poziții concomitent cu conexiunea propusă a înfășurărilor primare, secundare și de reglare, asigură posibilitatea creării unei instalații trifazate de reglare a decalajului de fază de tip transformator compacte cu contactele puse la pământ a mecanismului de comutare a ramificațiilor de dirijare sub sarcină.