

Боби 1. Маълумотҳои асосии онд ба трансформаторҳо

1.1. Вазифа, сохт ва навиҳои трансформаторҳо

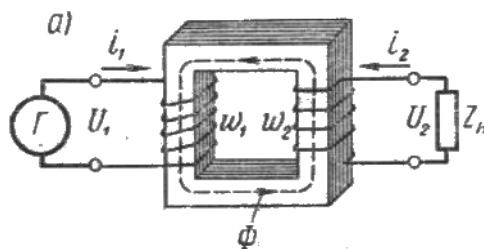
Трансформатор дастгоҳи барқии беҳаракати электромагнитӣ буда барои як системаи шиддати ҷараёни тағйирёбандаро ба системаи шиддати тағйирёбандаи дигар табдил додан, бидуни тағйироти басомад, мебошад.

Трансформаторҳо асосан аз ду қисм иборатанд: қисми ғаёл ва қисми конструксионӣ. Қисми ғаёли он аз занҷирҳои магнитӣ (ноқили магнитӣ) ва занҷирҳои электрӣ иборат буда, ҳадафи омӯзиш дар ин китоб қарор гирифтааст. Трансформаторҳо умуман аз ду ё зиёда ғалтакҳои дорои симпечи барқӣ иборат мебошанд.

Таърихи трансформаторҳо аз соли 1876, аз рӯзе, ки олими бузурги рус П.Н.Яблочков барои фурузон намудани шамъи барқии худ трансформатори бо ноқили магнетиаш сарнабастаро истифода бурдааст, идома дорад. Аз соли 1884 трансформаторҳои ноқили магнетиашон аз варақаҳои пӯлодии махсуси сарбаста сохта шудаанд, ки то ҳол асоси трансформаторҳои замонавиро ташкил медиҳанд.

Сохти трансформатори оддитарин, ки аз ду симпечи барқӣ ва ноқили магнителии пӯлоди иборат мебошад дар расми 1.1 тасвир ёфтааст.

Дар оянда, баҳри содда намудани тафсир, симпечи ноқилиро мухтасар печа ва занҷири электрӣ занҷир меномем. Бо ҳарфҳои хурди i , u , e бузургиҳои лаҳзавӣ ва бо ҳарфҳои калон бошад I , U , E мувофиқан, бузургиҳои амалкунандаи ҷараён, шиддат ва қувваи электроҳаракатдиҳанда (КЭХ) –ро ишора менамоем.



Расми 1.1. Схемаи конструктивии трансформатори якфазаи дупеча

Печа ва занҷири ба манбаии ҷараёни тағйирёбанда (Γ) пайваست гардида мувофиқан, печа ва занҷири аввалия (занҷири воридотӣ)-и трансформатор номида, тавсифотҳои он бо нишонаи 1 ишорат карда мешаванд (U_1 – шиддати печаи аввалия, I_1 – ҷараёни занҷири воридотӣ ва ғайраҳо).

Печа ва занҷири ба истеъмолгар пайвастро мувофиқан, печа ва занҷири дуюмин (занҷири содиротӣ) ва дар мавриди трансформатор дорои

печаҳои дигар, печай сеюм барои истеъмолгарони дигар бошад, печавазанҷири сеюмӣ (занҷири сеюми содиротӣ) трансформатор меноманду, тавсифотҳои онҳо, мувофиқан бо нишонаҳои 2 ва 3 ишорат карда мешаванд (U_2 – шиддати содиротии печай дуум, I_2 – ҷараёни занҷири содиротии дуум, U_3 – шиддати содиротии печай сеюм, I_3 – ҷараёни занҷири содиротии сеюм ва ҳоказо). Теъдоди печаҳоро инчунин бо w_1 , w_2 , w_3 ва ғайра ишорат менамоем.

1.1.2. Тарзи амали трансформатор

Печай аввалияи трансформатор ба манбайи ҷараён, ки дорои шиддати U_1 мебошад, пайваست карда мешавад. Дар зери таъсири шиддати гузошташуда аз печай аввалия ҷараени I_1 гузашта, майдони магнитӣ ҳосил менамояд, ки сели он бо ноқили магнитӣ сарбаста ҷорӣ мегардад. Сели майдони магнитии ҳосилгардида-Ф печаҳои дуум ва аввалияи трансформаторро бурида гузашта дар онҳо қувваи электроҳаракатдиҳандаи (ҚЭХ)-и E_1 -ро дар асоси худангезиши ва E_2 -ро дар асоси ҳамтаъсирот, меангезонад (нигар ба замимаи 32.7.). Дар сурати ба печай содиротӣ пайваст намудани истеъмолгар, ба бузургии муқовимати борбасти он Z_H , мутаносибан дар занҷири содиротии трансформатор ҷараёни I_2 ҷорӣ шуда, дар пайвастаҳои он шиддати U_2 ҳосил мегардад, ки бузургии онро мувофиқи қонуни Ом муайян намудан мумкин аст:

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2 = \dot{I}_2 Z_H \quad [V] \quad (1.1)$$

дар ин ҷо

$\dot{U}_2$, $\dot{E}_2$, $\dot{I}_2$ – мувофиқан, бузургии комплексии шиддат, ҚЭХ ва ҷараёни занҷири содиротӣ;

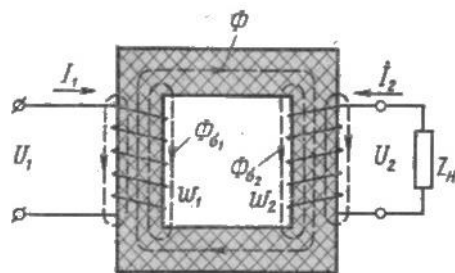
$\dot{Z}_2 = r_2 + jx_2$ – муқовимати пурраи комплексии печай содиротии трансформатор (Ω);

r_2 – муқовимати фаъоли печай содиротии трансформатор (Ω);

x_2 – муқовимати реактивии печай содиротии трансформатор (Ω);

$Z_H = r_H + jx_H$ – муқовимати пурраи комплексии борбасти трансформатор (Ω), мебошанд.

Дар трансформаторҳо ҳамчунин селҳои майдони магнитии пароканиш низ ҳосил мегарданд- Φ_{B1} ва Φ_{B2} (расми 1.2.). Ин сели майдони магнитӣ низ дар печай аввал ва ҳам дар печай дуум ҳосил гардида, қисман бо ноқили магнитӣ ва қисман берун аз он, дар ҳаво сарбаста мегардад. Қайд намудан лозим, ки сели майдони магнитии пароканиш нисбатан кам буда, то се фисади (3%) сели майдони магнитии асосиро ташкид дода метавонад.



Расми 1.2.

1.1.3. Навъҳои трансформаторҳо

Навъҳои зерини трансформаторҳоро фарқ меkunанд:

1. Трансформаторҳои якфаза, сефаза ва бисёрфаза.
2. Вобаста ба соҳаи истифодабарии трансформаторҳо:
 - Қуввагӣ-барои истифода дар системаи интиқол ва тақсими энергияи электрӣ;
 - Қуввагии махсус: куравӣ (камонӣ), кафшерӣ ва дигарҳо;
 - Табдили - дар дастгоҳҳои табдилдиҳандаи ҷараёни тағйирёбанда ба ҷараёни доимӣ;
 - Андозагирӣ - барои схемаҳои пайвасти асбобҳои ченакӣ;
 - Тадқиқотӣ-барои ҳосил намудани шиддатиҳои баланд ва аз ҳад баланд;
 - Радиотехникӣ-барои истифода дар соҳаҳои шунавой, телевизион, компютер ва ғайраҳо.
3. Трансформаторҳои табдилдиҳанда - трансформаторҳое мебошанд, ки барои баланд намудани як системаи шиддати ҷараён ба дигар системаи шиддати ҷараён, яъне барои баланд (трансформаторҳои баландкунак) ва паст (трансформаторҳои пасткунак) намудани шиддати ҷараён, инчунин трансформаторҳое, ки шиддати ҷараёнро бетағйир дошта барои занҷири воридотиро аз занҷири содиротӣ ҷудо намудан (трансформаторҳои тафриқи), хизмат менамоянд.
4. Вобаста ба миқдори печаҳо (миқдори ғалтакҳои дорои симпечҳо) ба трансформаторҳои дупеча ва бисёрпеча (як ғалтаки симпечи аввала боқимонда ғалтакҳои симпечҳои содиротӣ).
5. Вобаста ба тарзҳои хунук намудан ба трансформаторҳои равшанӣ ва бодӣ, ки табиӣ ва сунӣ хунук карда мешаванд.
6. Вобаста ба намуди ноқили магнитӣ- ба трансформаторҳои дилакашон милавӣ (стержнӣ), зирехӣ, зирехдори-милавӣ ва курашакл.
7. Вобаста ба сохти ғалтакҳои симпечи электрӣ- ба трансформаторҳое, ки ғалтаки симпечи онҳо намуди доираҳои ҳаммарказ ва ғалтакҳои симпечи пай ҳам ҷойгирифта (ҳаммаслак) ҷудо мешаванд.

8. Вобаста ба иқтидор ва дараҷаи изолятсияи симпечҳои баландшиддати худ трансформаторҳо бо 6 гурӯҳи номиналӣ сохта мешаванд:

Гурӯҳи I – трансформаторҳои иқтидорашон аз 0,5 то 100 кВА шиддаташон то 35 кВ;

Гурӯҳи II- трансформаторҳои иқтидорашон аз 160 то 630 кВА шиддаташон то 35 кВ;

Гурӯҳи III - трансформаторҳои иқтидорашон аз 1 000 то 6 300 кВА шиддаташон то 35 кВ;

Гурӯҳи IV - трансформаторҳои иқтидорашон 10 000 кВА ва баланди шиддаташон то 35кВ, инчунин трансформаторҳои иқтидорашон то 100 000 кВА-и шиддаташон 35-110 кВ;

Гурӯҳи V - трансформаторҳои иқтидорашон аз 100 000 кВА зиёди шиддаташон 35-110 кВ, инчунин трансформаторҳои шиддаташон 150-330 кВ новобаста аз иқтидорашон;

Гурӯҳи VI - трансформаторҳои шиддаташон 400 кВ ва зиёд новобаста ба иқтидорашон.

1.2. Масолахҳои асосӣ, ки барои сохтани трансформаторҳо истифода бурда мешаванд

Дар трансформаторҳо асосан се гурӯҳ масолах истифода бурда мешаванд: фаъол; конструксионӣ ва изолятсионӣ.

Масолаҳи ноқили магнитӣ ва масолаҳи ноқилҳои печаҳои электрӣ ба гурӯҳи масолахҳои фаъол мансуб мебошанд.

Ба гурӯҳи масолаҳи конструксионӣ ҳама намуди пӯлодҳо, пластмассаҳо ва дигар масолахҳои, ки барои сохтани трансформатор истифода бурда мешаванд таалуқ доранд.

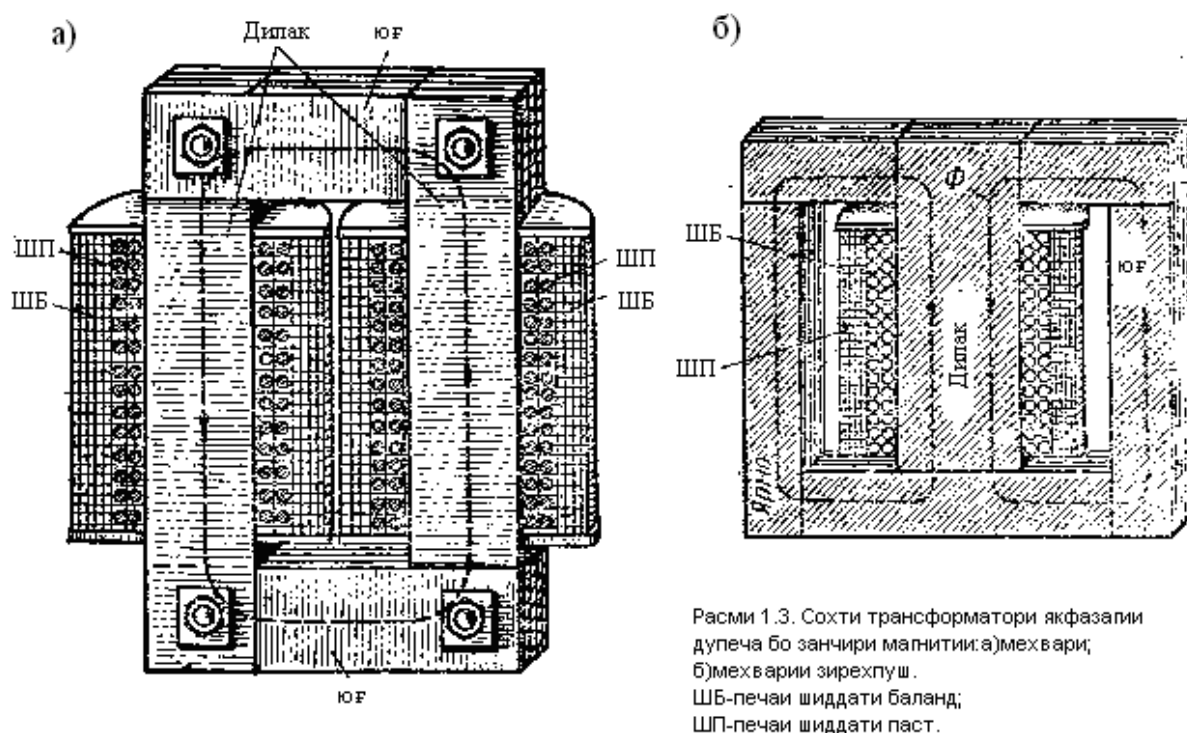
Масолахҳои, ки барои изолятсияи ноқилҳои печаҳо аз тани трансформатор, изолятсияи ҳар як печа, изолятсияи печаҳо аз ҳамдигар, изолятсияи қабатҳои печаи ғалтакҳо аз ҳамдигар ва умуман печаҳо аз дилак, инчунин барои изолятсия намудани занҷирҳои воридотӣ ва содиротӣ аз тани трансформатор истифода бурда мешаванд, масолаҳи изолятсионӣ ном доранд.

1.2.1. Ноқили магнитии трансформаторҳо

Ноқили магнитии трансформаторҳо бояд тарзе сохта шавад, ки он сели майдони магнитии печаҳояш ҳосил кардари тақвият диҳад ва онро бо сарфи камтарини нерӯи электрӣ гузаронад. Азбаски сели майдони магнитӣ ҳамеша сарбаста аст ноқили магнитии трансформаторҳо низ бояд худ ба худ бо воситаи ноқили магнитӣ ва ё қисман тавассути ҳаво сарбаста бошад.

Он қисми ноқили магнитӣ, ки дар он печаҳо ҷойгир шудаанд, дилак, қисме, ки танҳо баҳри сарбаста намудани занҷири магнитӣ хизмат

менамоё, юғ (яро) номида мешавад (расми 1.3.). Дилак ва юғ метавонанд аз ҳар намуд масолеҳ шаванд, вале дар трансформаторҳои қуввагӣ онҳо асосан аз як намуд масолеҳ таркиб меёбанд.



Барои кам шудани муқовимати магнитии дилак, ҳангоми бунёди сели майдони магнитӣ, он бояд ҳатман аз пӯлод сохтаву сарбаста бошад

$$\Phi = F/R_M, \quad (1.2)$$

дар ин ҷо F – қувваи ҳаракатдиҳандаи магнитӣ (КХМ), (Ампер-печа);

$$R_M = L/\mu S \text{—муқовимати магнитӣ } (\Omega); \quad (1.3)$$

L - дарозии миёнаи занҷири магнитӣ (м);

S - масоҳати бурриши арзии дилак (мм²);

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ – қимати нуфузпазирии мутлақи магнитии муҳит (Х/м);

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – дойимии магнитӣ;

μ_r – қимати нуфузпазирии нисбии магнитии муҳит, дар ин ҷо барои масолеҳи ноқили магнитӣ.

Аз (1.2) ва (1.3) бармеояд, ки барои пурқувват намудани сели майдони магнитӣ – Φ муқовимати ноқили магнитӣ – R_M бояд кам бошад. Муқовимати ноқили магнитӣ барои занҷири додашуда (дар мавриди дойимӣ будани андозаи ноқили магнитӣ) танҳо ба μ_r вобаста буда ҳар

қадаре, ки μ_r зиёд бошад, ҳамон қадар муқовимати занҷири магнитӣ каму сели майдони магнитӣ зиёд мешавад.

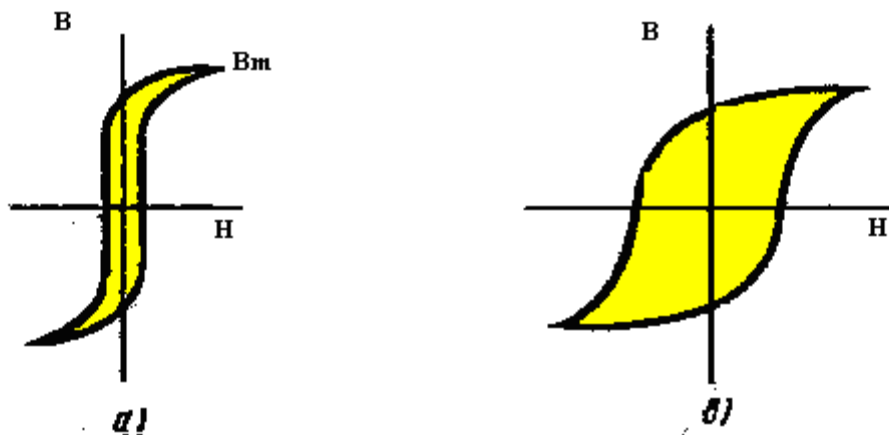
Хосиятҳои пурзӯр намудани ҳолати магнитӣ дар пӯлод ва моддаҳои дигар ба монанди кобалт, никел, торий, ҳолмий, эрбий, диспрозий, тулий, инчунин баъзе ҳулаҳои онҳо мавҷуданд. Ин гурӯҳи моддаҳоро масолеҳи ферромагнитӣ (аз латини Ferrum – оҳан) меноманд. Дар ин гурӯҳ моддаи дастрас пӯлод буда, дар он қимати μ_r беинтиҳо калон мебошад, бинобар он ноқили магнитии трансформаторҳоро асосан аз пӯлоди махсус месозанд.

Трансформаторҳо дастгоҳи электрие мебошад, ки дар занҷири чараёни тағйирёбанда амал мекунад ва магнитнокшавии занҷири магнитии онҳо низ қутбҳои худро мутобикан ба басомади чараёни тағйирёбанда иваз менамоянд. Аз назарияи физикавӣ маълум аст, ки барои тағйир ёфтани магнитнокшавии занҷири магнитӣ як миқдор энергия лозим аст, ки ба масоҳати ҳалқаи ҳистерезиси модда мутаносиб мебошад (расми 1.4). Агар масоҳати ҳалқаи ҳистерезис хурд бошад, сарфи энергия кам, баръакс, дар мавриди масоҳати ҳалқаи ҳистерезис калон будан сарфи энергия низ калон мешавад. Маҳз барои кам кардани сарфи энергия дар ҳалқаи ҳистерезис барои ноқилҳои магнитии трансформаторҳо пӯлоди махсуси электротехникӣ истифода бурда мешавад, ки масоҳати ҳалқаи ҳистерезиси онҳо аз ҳисоби бари ҳалқа, хурд мебошад (расми 1.4. а).

Зиёда аз он, дилаки пӯлодӣ баробари пурқувват намудани сели майдони магнитӣ, дар занҷири магнитии худ печай барқиеро ба амал оварда, дар бурриши арзии он ҚЭҲ меангезад. Ин ҚЭҲ чараёнҳои «i»-ро ҳосил менамояд (чараёни Фуко), ки дар бурриши арзӣ сарбаста чорӣ мегарданд ва дар натиҷа онро гарм намуда, ба сарфи барзиёди нерӯи электрӣ меоваранд (расми 1.5).

Барои кам намудани сарфи нерӯи электрӣ дар натиҷаи чараёнҳои Фуко, занҷири магнитии трансформаторҳоро аз варақаҳои пӯлодӣ (варақаҳои тунук ва ё ғафсиаш хело хурд)-и электротехникӣ чамъ ва байни худ изолятсия карда мешаванд (расми 1.5б). Мавриди чараёни тағйирёбандаи басомадаш 50 Ҳц варақаҳои пӯлодии ғафсиашон 0,35-0,5 мм мавриди истифода қарор меёбанд.

Инак, баҳри пурқувват шудани сели майдони магнитӣ ва кам намудани сарфи нерӯи электрӣ, барои магнитнокгардонии занҷири магнитӣ ва аз пайдоиши чараёни Фуко, занҷири магнитӣ аз варақаҳои пӯлодии махсуси электротехникӣ, ки аз ҳамдигар изолятсия бошанд, чамъ карда мешаванд. Ғафсии чамъи ноқили магнитӣ ба иқтидори трансформатор вобаста мебошад: ҳар қадар иқтидори трансформатор калон бошад, ҳамон қадар ноқили магнитӣ ғафстар мебошад.



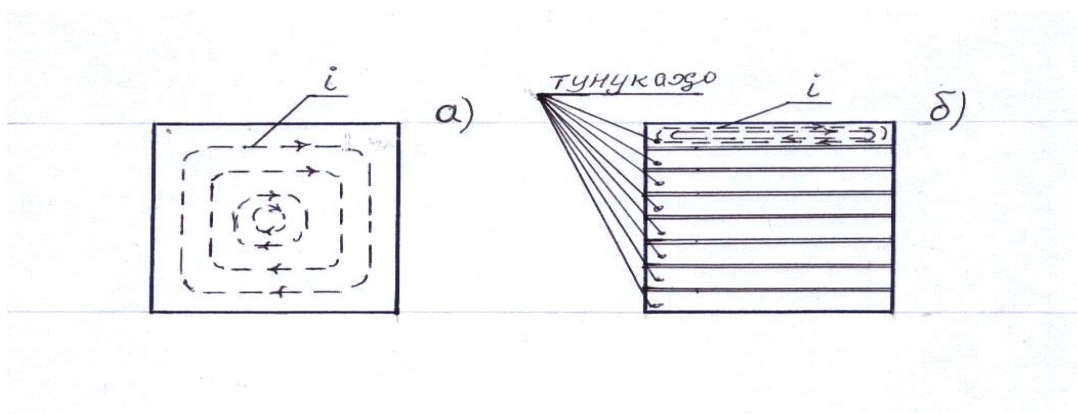
Расми 1.4. Ҳалкаи ҳистерезиси масолеҳҳо:

а) пӯлоди махсуси электротехникӣ; б) пӯлоди оддӣ.

B – вектори индуксияи майдони магнитӣ;

H – вектори шадидияти майдони магнитӣ;

B_m – қимати ниҳоии (максималии) индуксияи майдони магнитӣ.



Расми 1.5.

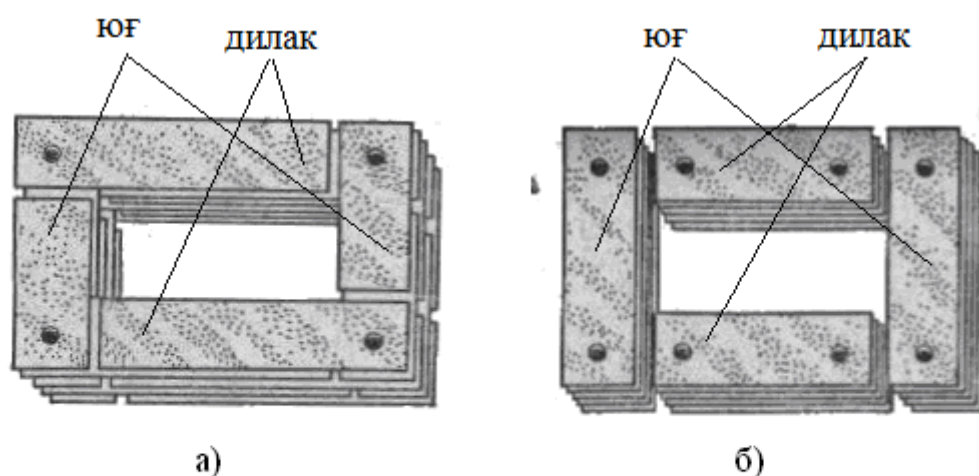
1.2.2. Усулҳои ҷамъ ва сарбаста намудани занҷири магнитӣ

Аз қонуни Ом барои занҷири магнитӣ (1.2) ва муқовимати магнитӣ (1.3) бармеояд, ки муқовимати магнитӣ ба усули пайвасти дилакҳо бо юғҳо ва дар пайвастагиҳо вуҷуд доштани масофаҳои кӯтоҳтарини ҷои ҳолӣ вобастагӣ дорад, чунки муқовимати магнитии ҷои ҳолӣ (ҳаво) якчанд маротиба назар ба муқовимати магнитии пӯлод зиёд мебошад.

Ду усули ҷамъ ва сарбаста сохтани занҷири магнитӣ мавҷуд аст: пай дар пай (дилак ва юғ ҳаммаслак мебошанд) ва бо рамзи махсус ҷамъ намудани онҳо.

1. Пай дар пай ҷойгир кардан (расми 1.6б).

Дилак ва юғи занҷири магнитӣ дар алоҳидагӣ ҷамъ кардаву ба ҳамдигар пай дар пай ҷойгир ва маҳкам карда мешаванд. Ин усули ҷамъ ва сарбаста сохтани занҷири магнитӣ содда ва мусоид буда, барои насби ғалтакҳои дорои симпеча низ мувофиқ мебошад. Вале, ҳар қадаре дилак бо юғ бо ҳам суфта ва наздик ҷойгир карда шаванд ҳам дар ҷойҳои пайвасти онҳо масофаи холии камтарин (фосилаи ҳавогӣ) боқӣ мемонад, ки он муқовимати умумии занҷири магнитиро зиёд менамояд.



Расми 1.6. Ҷамъ намудани занҷири магнитӣ:
а) бо рамзи махсус;
б) пай дар пай ҷойгир кардан.

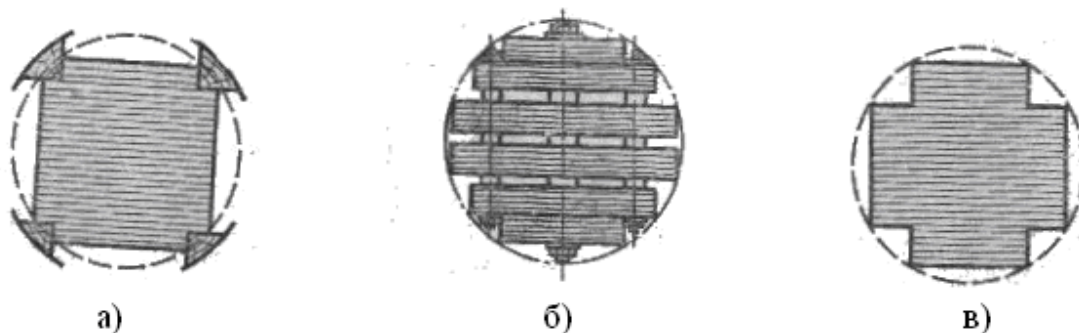
2. Бо рамзи махсус (расми 1.6а).

Ҷамъ намудани занҷири магнитӣ бо рамзи махсус, ки дар он асосан охириҳои варақаҳои дилак ва юғ бо ҳамдигар чиллиқӣ ҷойгир карда мешаванд, афзалияти зиёд дорад - занҷири магнитӣ ҳамчун як қисми яклухт сохта шуда, ҷойҳои холии ҳавогӣ надорад, аз ин рӯ муқовимати магнитии он мувофиқан кам мебошад.

Бояд қайд кард, ки бо рамзи махсус ҷамъ сохтани занҷири магнитӣ як дараҷа насби (монтаж)-и қисмҳои трансформатор ва ғалтакҳои онро мураккаб ва душвор мегардонад. Вале, новобаста ба ин ҷамъовариҳои занҷири магнитӣ бо рамзи махсус дар сохти трансформаторҳо бештар ба назар мерасад, ки ин пеш аз ҳама ба кам гардидани муқовимати магнитӣ оварда, сониян боиси мустаҳкамтари занҷири магнитӣ мешавад.

Намуд ва теъдоди бурриши арзии занҷири магнитӣ ба иқтидори трансформатор вобаста мебошад. Барои трансформаторҳои иқтидорашон

на чандон калон дилакҳои бурриши арзиашон чоркунча корбаст шуда метавонанд (расми 1.7.а, в).



Расми 1.7 Намуди арзии дилакҳои трансформаторон

Дар трансформаторҳои иқтидорашон миёна ва калон бошад, бурриши арзии намуди дойира мавриди истифода қарор меёбад, ки аз росткунҷаҳои алоҳидаи ба намуди зина сохта шуда иборатанд. Бо афзудани иқтидори трансформатор теъдоди зинаҳо зиёд гардида, бурриши арзии дилаки он ба дойира наздик монанд мешавад (расми 1.7.б).

1.2.3. Ғалтакҳои электрӣ

Ғалтакҳои электрӣ яке аз қисмҳои асосии трансформаторҳо ҳисоб меёбанд. Дар ғалтакҳои электрӣ печаҳои трансформатор ҷойгир карда мешаванд

Ғалтакҳои симпечдори электрӣ бояд ба талаботҳои зерин ҷавобгӯй бошанд:

- Дорои устувории кофӣ барқӣ ва механикӣ;
- Ба гармӣ тобовар будан;
- Технологияи соддаи сохтан, ҷамъ ва ҷойгир намудан;
- Дорои сарфи камтарини неруи электрӣ доштан.

Аз ин талаботҳо бармеояд, ки ғалтаки симпечдор ҳам аз ҷиҳати барқӣ ва ҳам аз ҷиҳати механикӣ бояд устувор, тобовар, содда ва камхарчу камсарф бошад, ноқилияти барқии печаҳояш баланд (муқовимати барқиаш кам) бошад. Ба ин талаботҳо ноқилҳои мисӣ ва алюминӣ мувофиқанд. Маҳз бо ҳамин сабаб симпечи ғалтакҳои электрии трансформаторҳо асосан аз ноқилҳои мисӣ ва алюминӣ сохта мешаванд. Барои симпечи ғалтакҳои трансформаторҳо асосан ноқилҳои бурриши арзиашон дойиравӣ, ки масоҳати арзиашон аз 0,01 то 10 мм² ва ноқилҳои бурриши арзиашон росткунҷаи масоҳати арзиашон аз 6 то 60 мм², мавриди истифода қарор меёбанд. Хусусиятҳои асосии ин ду масоҳат дар ҷадвали 1.1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.1 Хусусиятҳои асосии электрии мис ва алюминий

Масолах	Зичӣ, $\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	Муқовиматиҳо $R_{20^\circ\text{C}}, (293\text{K})$ $10^{-9} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м}$	Коэффисиенти муқовимати гармӣ, R_t $1/\text{K}$	Коэффи Васеъшавии хароратии ҳагӣ, $1/\text{град}$	Гармӣғунҷо- иши ҳос, $\text{Ч/кг} \cdot \text{град.}$	Гармигузаро- нии ҳос, $\text{Вт/м} \cdot \text{К.}$
Cu	8,9	17,24- 17,54	$1/235+\nu$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	395	390
Al	2,6-2,7	28,2	$1/245+\nu$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	896	210

ν - ҳарорати кории трансформатор, $^\circ\text{C}$.

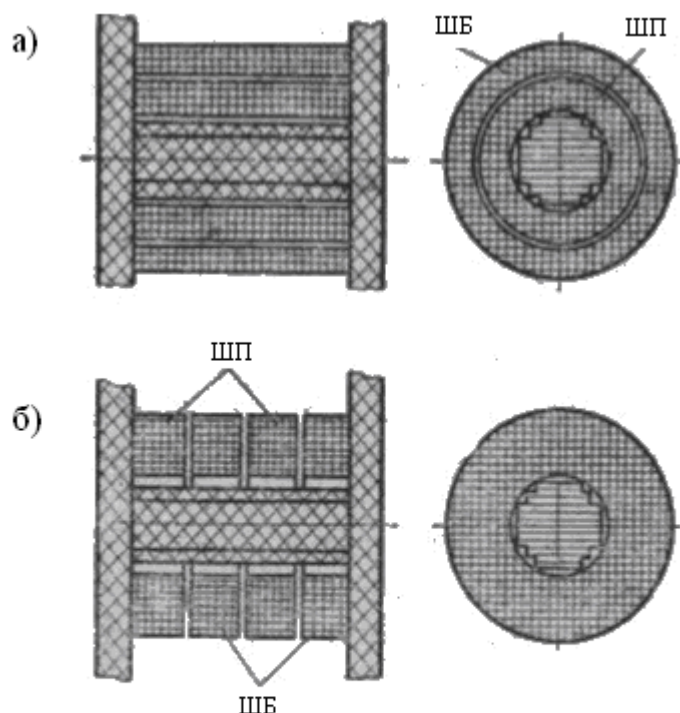
Ғалтакҳои симпечи трансформаторҳо шакли силиндриву бурриши арзиашон намуди росткунча ё дойрашакл доранд. Ғалтакҳо ба дилакҳо, ҳамчун ҷисми ҳаммаркази силиндрӣ ё ҳаммарказӣ силиндрӣ аз ҳалқаҳои алоҳида иборатбуда, ҷойгир карда мешаванд (расми 1.8.)

Трансформаторҳо аз ғалтакҳои симпечи электрии баландшиддат (ШБ) ва пастшиддат (ШП) иборат мебошанд. Ду тарзи ҷойгир кардани ғалтакҳои ШБ ва ШП мавҷуд аст:

а) Дар занҷири магнитӣ ба алоҳидагӣ ҷойгир намудани ғалтакҳои ШБ ва ШП. Ин намуд ҷойгир кардани ғалтакҳо кам дида мешавад, чунки он ба афзудани арзиши трансформатор ва зиёд гардидани сели майдони магнитии пароканиш меорад, аз ин рӯ танҳо дар трансформаторҳои шиддаташон хеле баланд, ки эътимоднокии изолятсияи байни онҳо бояд баланд бошад, истифода бурда мешавад.

б) Дар занҷири магнитӣ ғалтакҳои ШБ ва ШП дар як дилак ҳамчун ҷисмҳои ҳаммарказ ҷойгир карда мешаванд (расми 1.8.а). Ин тарзи ҷойгир кардани ғалтакҳо бештар ба назар мерасад ва дар ин маврид ғалтаки ШП аввал, наздик ба дилак, ҷойгир кардаву аз болои он, баъди изолятсия намудан, ғалтакҳои ШБ ҷойгир карда мешаванд.

Дар расми 1.8.б тарзи ҷойгир кардани ғалтакҳои ШП ва ШБ ба мисли ҳалқаҳои алоҳидаи ҳаммаркази силиндрӣ дар як дилак тасвир ёфтааст. Дар ин маврид ғалтаки ШП аввал-дар канораҳову аз бари онҳо, баъди изолятсия намудан, ғалтакҳои ШБ ҷойгир карда мешаванд.



Расми 1.8. Намуди ғалтакҳои трансформаторҳо:

а) силиндрии ҳаммаркази яклухт;

б) силиндрии ҳаммарказ аз ғалтакҳои алоҳида;

ШБ-печаҳои ғалтаки шиддати баланд;

ШП-печаҳои ғалтаки шиддати паст.

1.2.4. Истифодаи масолеҳи изолятсионӣ дар трансформаторҳо

Барои ноқилҳои электро аз ҳамдигар ва аз тани трансформатор, варақаҳои ноқили магнитиро аз якдигар ва аз тани трансформатор, инчунин занҷирҳои воридотӣ содиротӣ трансформаторро аз тани он ҷудо намудан масолахҳои изолятсионӣ истифода мешаванд.

Масолахҳои изолятсиониро мувофиқи дараҷаи ҳарорати кории худ ба гурӯҳҳо тақсим мекунанд, ки он дар ҷадвали 1.2. оварда шудааст.

Ҷадвали 1.2. Гурӯҳи масолеҳи изолятсионӣ

Гурӯҳи изоляцияҳо	Y	A	E	B	F	H	C
Ҳарорати баландтарин, °C	90	105	120	135	155	180	> 180

Дар трансформаторҳо масолеҳи изолятсионии саҳти табиӣ, масалан резина, мармар, шиша, картони электротехникӣ ва ғайраҳо, саҳти ғайритабиӣ аз қабилӣ гетинакс, текстолит, полиэтилен ва ғайраҳо, моеъгӣ,

равғанҳои минералӣ (равғани трансформатор) ва ғайраҳо, ба намуди гази махсус монанди «элегаз» ва ғайраҳо истифода бурда мешаванд.

Нишондиҳандаҳои асосии масолахҳои изолятсиониро бе мушкилот дар маълумотномаҳо аз физика ва электротехника дарёфт кардан мумкин мебошад.

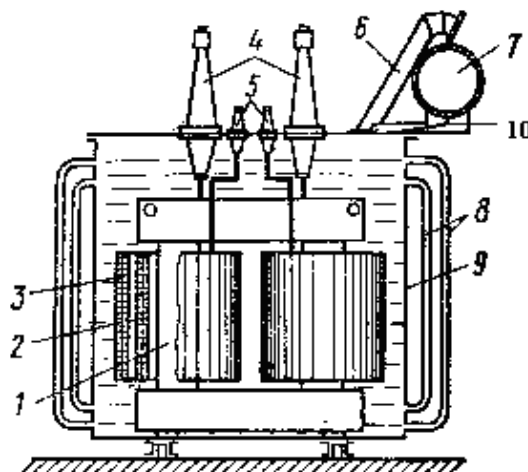
1.2.5. Тарзҳои хунук намудани трансформаторҳо

Трансформаторҳое, ки дар соҳаи интиқоли нерӯи электрӣ ва истеъмоли он истифода бурда мешаванд тавассути ҳаво ва рағани махсус хунук карда мешаванд. Аз ин ду тарз бештар бо раған хунук кардан ба назар мерасад. Трансформаторҳои бо ҳаво хунукшавандаро, ки нисбатан арзиши баланд доранд ва асосан дар мавриди ҷойгир намудани бунгоҳи трансформаторӣ дар дохили биноҳо истифода мебаранд. Иқтидори ин намуд трансформаторҳо то 1600 кВА ва шиддаташон то 13,8 кВ мерасад.

Трансформаторҳои иқтидорашон то 6300 кВА бо системаи хунукгардонии рағани гардишаш табиӣ ва иқтидорашон 10 000 кВА ва зиёд бо системаи хунукгардонии рағани гардишаш маҷбури ё иловатан бо истифодаи хунук намудани раған тавассути ҳаво, ба тарзи саноатӣ истеҳсол мешаванд. Баъзан дар трансформаторҳои иқтидорашон хеле калон тарзи хунукгардонии рағанӣ ва сипас хунук намудани ин раған тавассути об истифода бурда мешавад.

Расми 1.9. Намуди трансформатори рағандор

- 1-занҷири магнитӣ; 2-ғалтаки печай ШБ;
3-ғалтаки печай ШП; 4-изоляторҳои бароварди ШБ;
5-изоляторҳои бароварди ШП; 6-ҷои бароварди газҳо;
7-баки ҳаҷмӣ; 8-радиаторҳо; 9-бадани баки асосӣ;
10-пайвастагии баки ҳаҷмӣ бо баки асосӣ.



Дар трансформаторҳое, ки бо раған хунук карда мешаванд қисми ғаёли он-ноқили магнитӣ бо ғалтакҳои симпечдори электрии ШБ ва ШП ба зарф (бак)-и оҳанӣ ҷойгиранд, ки онро бо рағани махсус пур мекунанд (расми 1.9.). Рағани махсус, ҳамчун моеии гармигузарониаш нисбат ба ҳаво хуб, ғалтакҳо - 2,3 ва ноқили магнитӣ - 1-ро ихота намуда, гармии онҳоро ба худ гирифта аз деворҳои танаи оҳанӣ - 9 ва ба тавассути радиаторҳои - 8 ба берун (ба ҳавои берун) интиқол медиҳад. Рағани гарм ба боло, рағани хунук бошад ба поён ҳаракат менамояд, яъне дар дохили

трансформатори амалкунанда ҳамеша равшан дар гардиш мебошад. Дар трансформаторҳо зарф (бак)-и иловагии ҳаҷмӣ - 7 дар болои танаи асосии трансформатор ҷойгир аст, ки он зиёд ва камшавии ҳаҷми равшанро, вобаста ба ҳарорати он, инчунин ҳифзи изолятсия ва равшани трансформаторро аз намшавӣ ва оксидшавӣ, дар сурати расиш бо ҳавои беруна иҷро менамояд. Зарфи иловагӣ бо зарфи асосӣ тавассути трубаи - 10 пайваست буда бо асбоби нишондиҳандаи миқдори равшан таҷҳизонида шудааст. Зарфи иловагӣ тақрибан 10 фоизи ҳаҷми зарфи асосиро ташкил медиҳад ва онро то нисф бо равшан пур мекунанд.

Дар рафти амали трансформатор ҳолатҳои руҳ доданашон аз эҳтимол дур нест, ки дар зарфи асосӣ газҳои зиёд ҳосил шуда, фишори дохили танаи трансформаторро баланд бардоранд, аз ин рӯ барои хориҷ намудани ин газҳо дар болои танаи трансформаторҳо баромади махсус - 6 мавҷуд аст. Трансформаторро аз ҳосилшавии газ релеи газӣ ҳимоя мекунад.

Танаи трансформатор, вобаста ба иқтидори худ, ҳамвор, қиррадор ё радиатордор буда метавонад. Танаи асосии трансформаторҳои иқтидорашон то 63 кВА ҳамвори байзавӣ буда, дар танаи трансформаторҳои иқтидорашон аз 63 кВА зиёд иловатан лӯлаҳои оҳанӣ (радиаторҳо) барои гардиши равшан насб карда шудаанд.

Дар танаи зарфи асосии трансформаторҳо шиносномаи онҳо оварда мешаванд ва дар он тавсифоти асосии номиналии зерини трансформатор баён ёфтаанд: намуди трансформатор, навъ (марка), схема ва гурӯҳи пайваستшавии печҳо, иқтидори пурра S_N , шиддати занҷирҳои воридотӣ U_{1N} ва содиротӣ U_{2N} , инчунин бузургии ҷараёнҳои онҳо I_{1N} , I_{2N} , коэффитсиенти амали ғоиданок η_N ва коэффитсиенти тавоноӣ $\cos\varphi_N$, миқдори равшан ва массаи трансформатор.

1.3. Гурӯҳ ва пайвастагии печҳои трансформаторҳо

Ишорати аввал ва охири печҳои трансформаторҳо дар ҷадвали 1.3 оварда шудааст, бо дарназардошти он, ки печҳо бо гардиши акрабаки соат печонида шудаанд.

Ҷадвали 1.3. Ишорати аввал ва охири печҳои трансформаторҳо

Номгӯи печҳо	Трансформатори Якфаза	Трансформатори сефаза
Печҳои ШБ: аввал(саршавӣ)-и печ; охири печ.	A X	A, B, C X, Y, Z
Печҳои ШП: аввал(саршавӣ)-и печ; охири печ.	a x	a, b, c x, y, z
Печҳои шиддати мобайнӣ: аввал(саршавӣ)-и печ; охири печ.	A_m X_m	A_m, B_m, C_m X_m, Y_m, Z_m

1.3.1. Пайвасти печаҳои трансформаторҳо

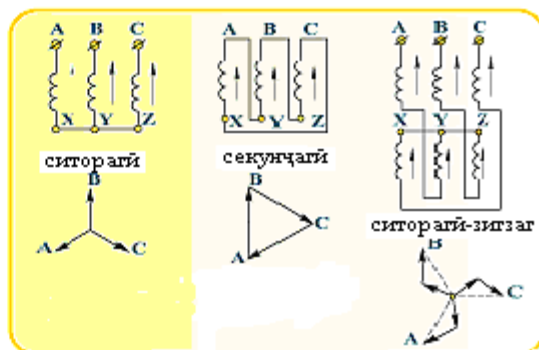
Асосан пайвасти ситора ва секунҷашакли печаҳо дар трансформаторҳои сефаза корбаст мешаванд. Ин амал сабабҳои гуногун дорад. Масалан, дар шабакаҳои шиддаташон 35 кВ ва аз он зиёд пайвасти ситораашакли печаҳои трансформаторҳо бо васли гиреҳи мобайнии он бо замин истифода бурда мешавад, ки ба $\sqrt{3}$ маротиба кам гаштани шиддати содироти трансформатор назар ба шиддати хаттӣ ва ба камхарҷ шудани изолятсияи он меоварад.

Дар пайвасти ситораашакл (расми 1.10) $\sqrt{3}$ маротиба шиддати фазавӣ- U_ϕ аз шиддати хаттӣ- U_x хурд буда, чараёниҳои фазавӣ- I_ϕ ва хаттӣ- I_x ба ҳам баробаранд:

$$\begin{aligned} U_x &= \sqrt{3} U_\phi ; \\ I_x &= I_\phi . \end{aligned} \quad (1.4)$$

Бояд қайд кард, ки аз сабаби пайдо нагаштани лаппишҳои дараҷаи баланд ва таъмин намудани амали мўътадили трансформатор дар мавриди ғайританосуб будани борбасти он (дар боби 4 таҳлил карда шудааст), пайвасти секунҷашакли яке аз печаҳо мувофиқи мақсад мебошад, ки ба

Расми 1.10. Схеми пайвасти печаҳои трансформаторҳо



пайдо нагаштани лаппишҳои дараҷаи болои ва синусоидӣ гаштани шиддати фазавӣ ва хаттӣ меоварад.

Дар пайвасти секунҷашакл (расми 1.10) шиддатҳои фазавӣ- U_ϕ ба хаттӣ- U_x баробар буда, чараёниҳои фазавӣ- I_ϕ бошад, назар ба чараёниҳои хаттӣ- I_x ба қадри $\sqrt{3}$ маротиба хурд аст:

$$\begin{aligned} U_x &= U_\phi ; \\ I_x &= \sqrt{3} I_\phi . \end{aligned} \quad (1.5)$$

Дар баъзе мавридҳо пайвасти ба намуди Z- мункасирӣ (ба забони русӣ зигзаг) печаҳои трансформаторҳо низ истифода бурда мешавад. Ин

гуна пайвасткунӣ даври тағйир додани бузургии шиддати фазаӣ ва теъдоди гурӯҳи пайвасткуниро зиёд намояд ҳам, ба барзиёд сарф шудани ноқил барои печаҳо (ба 15%) ва мураккаб гардидани сохти трансформатор меоварад. Ҳамин аст, ки ин намуди пайвасткунӣ танҳо дар трансформаторҳои махсус истифода бурда мешавад.

1.3.2. Гурӯҳи пайвасти печаҳо

Ҳангоми мувозӣ (параллелан) пайваст намудани трансформаторҳо кунҷи байни ҚЭХ-ҳои хаттии занҷири содиротӣ ва воридотии трансформаторҳо аҳамияти калон дорад. Гурӯҳи пайвасти печай трансформаторҳо маҳз баҳри нишон додани ин кунҷ ворид карда шудааст.

То ҳол мавриди сохтани диаграммаҳои вектории ҚЭХ-и фазаҳо самтҳои $\dot{E}_1$ ва $\dot{E}_2$ мувофиқат менамуданд. Ин мувофиқат ҳангоми печонидани печай ғалтакҳои якум ва дуюм дар як самт ва якхела будани тартиби гурӯҳбандии (маркировкаи) баромади печаҳо ба амал меояд (дар расми 1.12а нишон дода шудааст). Дар мавриди самти печонидани печай ШП-ро тағйир додан ва ё ишорати гурӯҳбандии «а» ва «х»-ро иваз намудан самти ҚЭХ-и $\dot{E}_2$ нисбати ҚЭХ-и $\dot{E}_1$ ба 180 градус тағйир меёбад (дар расми 1.12б нишон дода шудааст).

Ана ҳамин фарқи фазаҳои байни ҚЭХ-ҳои $\dot{E}_1$ ва $\dot{E}_2$ -ро дар трансформаторҳои якфаза (инчунин байни векторҳои шиддатҳои $\dot{U}_1$ ва $\dot{U}_2$) ва ҚЭХ-ҳои хаттии $\dot{E}_{AB}$ ва $\dot{E}_{a6}$ -ро дар трансформаторҳои сефаза бо гурӯҳи пайвасти печаҳо ифода менамоянд.

Азбаски тағйирёбии фаза аз 0° то 360° мерасад ва каратии фаза дар электротехника 30° -ро ташкил медиҳад, адади гурӯҳҳои пайвасти 12-то мебошад, яъне $360/30=12$. Вале ба сабаби аз 0° -оғоз ёфтани дараҷаи гурӯҳи пайвасти печаҳо 12 ба 0 иваз карда мешавад. Аз ин рӯ гурӯҳҳои зерин мавҷуд буда метавонанд: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11.

Кунҷи байни векторҳои $\dot{E}_1$ ва $\dot{E}_2$ мувофиқ ба гурӯҳи пайвасти печаҳо чунинанд:

Гурӯҳи пайвасти печаҳо	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кунҷи байни $\dot{E}_1$ ва $\dot{E}_2$, градус	0 360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330

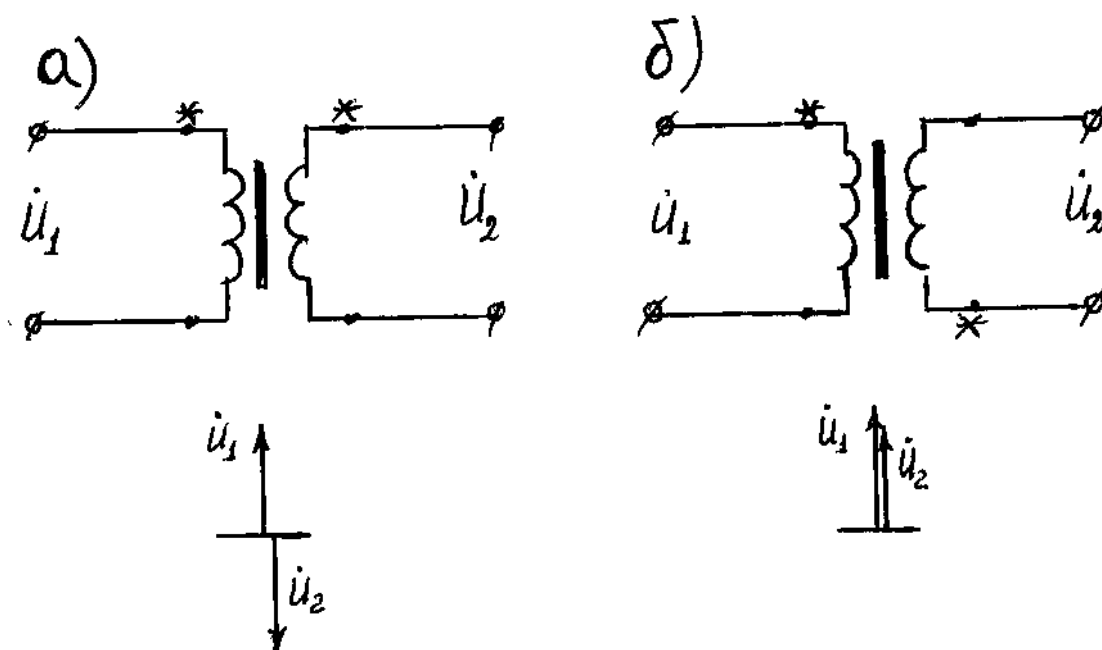
Асосан барои содда намудани нишонаҳои қабулгардидаи гурӯҳи пайвасти печаҳо векторҳои хаттии $\dot{E}_1$ ва $\dot{E}_2$ -ро қиёс бо акрабаки соат

менамоянд. Вектори хаттии $\dot{E}_1$ -ро бо равиши акрабаки дақиқавӣ ва вектори хаттии $\dot{E}_2$ -ро бошад бо равиши акрабаки соати мувофиқ мекунанд (расми 1.11).



Расми 1.11.

Баҳри дуруст омӯхтани гурӯҳи пайвасти печаҳо дар аввал трансформатори якфазаи иборат аз ду ғалтаки печдорро меомӯзем. Бигзор ҳар ду печаҳо ба як самт печонида шуда бошанд ва майдони магнитии онҳо ҳамсамт буда, майдони магнитии умумиро пурқувват менамоянд (расми 1.12б). Дар ин маврид кунҷи байни вектори шиддати печаҳои аввалин ва дуюмин баробар ба сифр буда, онҳо дорои як самт мебошанд ва гурӯҳи пайвастагии онҳо ба рақами сифрӣ ($\delta = 12$) мувофиқат мекунанд, аз ин рӯ трансформаторҳо дорои гурӯҳи пайвастагии-0 мебошанд.



Расми 1.12.

Агар печаҳо аксулсамт печонида шуда бошанд, майдони магнити онҳо майдони умумиро суи менамоянд (расми 1.12а). Дар ин маврид кунҷи байни вектори шиддати печаҳои аввалин ва дуюмин 180° -ро ташкил медиҳад (аксулсамт мебошанд), ин трансформаторҳо дорои гурӯҳи пайвастигии -6 мебошанд.

Ҳамин тарз гурӯҳи пайвасти печаҳои трансформаторҳои сефаза муайян карда мешавад. Масалан, трансформатори схемаи пайвасти печаҳои Y/Δ дорои гурӯҳи 11(5) буда, трансформатори схемаи пайвасти печаҳои Y/Y бошад, вобаста аз мувофиқат намудан ё нанабудани самти печаҳо, метавонад дорои гурӯҳи 0 ё гурӯҳи 6 бошад (расми 1.13).

Пайвастиҳои печаҳо		Диаграммаи векторони КЭХ		Ишораҳои шартӣ
ШБ	ШП	ШБ	ШП	
				$Y/Y-0$
				$Y/\Delta-11$
				$\Delta/Y-11$
				$\Delta/\Delta-11$
				$\Delta/Y-11$

Расми 1.13. Гурӯҳи пайвасти печаҳои трансформаторҳо

Саволҳои рейтингӣ

1. Трансформатор чист ва барои чӣ лозим аст?
2. Трансформатор дар кадом қисмҳои таъминоти энергетикӣ истифода меёбанд?
3. Трансформатор асосан аз кадом қисмҳои асоси иборатанд?
4. Дилаки трансформатор аз кадом мавод сохта мешавад ва барои чӣ?
5. Барои чӣ дилаки трансформатор аз варақаҳои тунуки ферромагнитӣ чамъ карда мешавад?
6. Барои чӣ дилаки трансформатор аз пӯлоди ферромагнитӣ сохта мешаванд?
7. Трансформаторҳои қуввагӣ чанд печа дошта метавонанд?
8. Дилаки трансформатори сефаза аз дилаки трансформатори якфаза чи фарқиятҳо дорад?
9. Ноқили ферромагнитии трансформатор бо кадом намуд чамъ карда мешаванд?
10. Гурӯҳи пайвастиҳои печаҳои трансформаторро чӣ тавр муайян намудан мумкин аст?
11. Печаҳои трансформатори сефаза бо кадом намуд пайвст карда мешаванд ва фарқияти онҳо дар чист?
12. Дар схемаи пайвасти печаҳои трансформатор “ситора” шиддати хатти ва фазавӣ аз ҳамдигар чӣ фарқият доранд?
13. Дар схемаи пайвасти печаҳои трансформатор “секунча” шиддати хатти ва фазавӣ аз ҳамдигар чӣ фарқият доранд?
14. Дар трансформаторҳои қуввагӣ гурӯҳи пайвасти печаҳо чанд буда метавонанд?
15. Векторҳои хаттии шиддатҳои печайи воридотӣ ва содиротӣ дар гурӯҳи пайвасти 11-и печаҳо чи тавр тасвир карда мешаванд?
16. Чанд гурӯҳи изолятсионӣ дар умум вучуд дорад?
17. Тарзҳои хунук намудани трансформаторҳои қуввагиро фаҳмонед.
18. Танаи трансформатор аз кадом мавод сохта мешаванд?
19. Барои чӣ зарфи трансформаторҳо бо равшан пур карда мешаванд?
20. Кадом намуд ноқилҳоро барои печонидани печаҳои трансформатор истифода мебаранд ва барои чӣ?
21. Барои чӣ дар Тоҷикистон асосан ноқилҳои алюминӣ бештар истифода меёбанд?
22. Трансформатори баландкунак, пасткунак ва мувофиқакунандаро чӣ тавр муайян намудан мумкин аст?