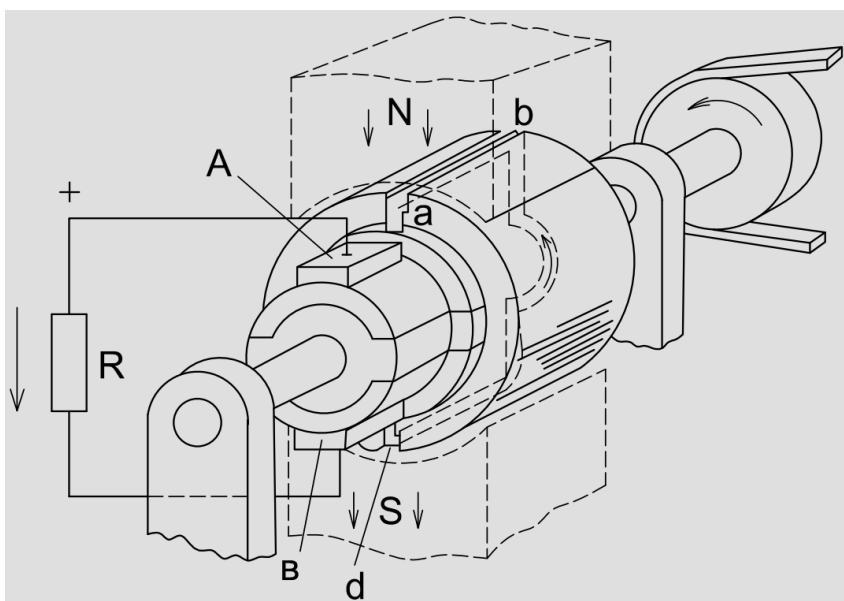


## Боби 2. Сохт ва тарзи амали мошинҳои ҷараёни доимӣ

### 2.1. Сохти мошинҳои ҷараёни доимӣ.

Мошинҳои ҷараёни доимӣ (МЧД) барои табдил додани як намуд нуру ба дигар намуд нуру хизмат менамоянд (расми 2.1).



Расми 2.1. Тарзи амали мошини коллекторӣ.

МЧД-ие, ки нуруи механикиро ба нуруи электрии ҷараёни доимӣ табдил медиҳад генератори ҷараёни доимӣ (ГЧД) ва дар мавриди нуруи электрии ҷараёни доимиро ба нуруи механикӣ табдил додан муҳаррики ҷараёни доимӣ (МЧД) номида мешаванд.

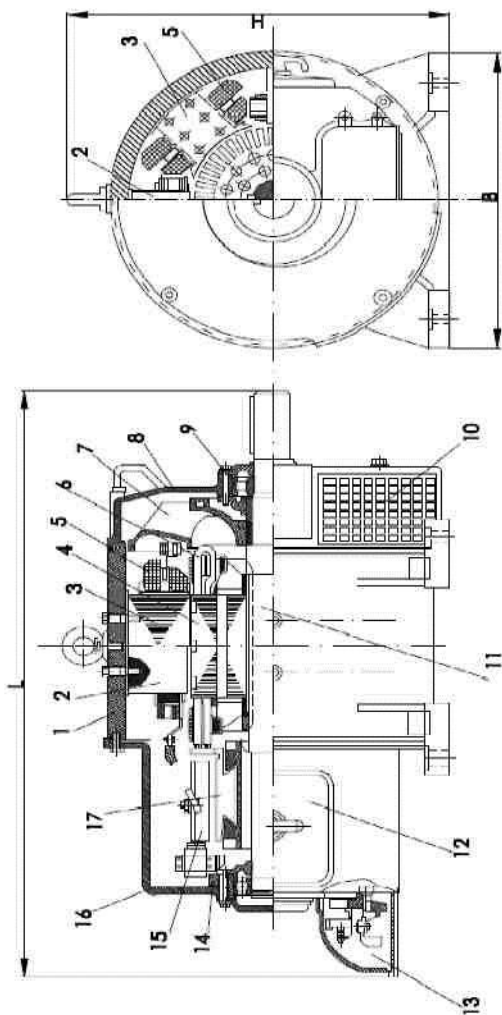
Мошинҳои ҷараёни доимӣ асосан аз ду қисм иборат мебошанд (расми 2.2): қисми беҳаракати мошин - индуктор ва қисми даврзанандаи он якор ном дорад. Индуктор (дар баъзе мавридҳо онро статор низ меноманд) аз синча-1, қутбҳои асосӣ -3 ва иловагӣ-2 ва болори шӯткаҳо -14 иборатанд.

Синча ҳамчун асос барои насб намудани қутбҳо, болори шӯткаҳо ва рӯбанди подшипникҳо хизмат менамояд. Дар баробари ин ӯ қисми ноқили магнитӣ мебошад, ки бо он сели майдони магнитӣ сарбаст мегардад, бинобар ин онро аз пӯлод месозанд, ки нуфузпазирии нисбии магнитии он нисбатан калон аст.

**Қутбҳои асосӣ.** Майдони магнитии доимӣ дар МЧД аз ҳисоби қувваи магнитноккунии печаҳои ангезонанда, ки ба намуди ғалтакҳои қутбҳо-5, ки ба дилакҳои қутбҳои асосӣ-3 печонида шудаанд, ҳосил карда мешавад. Охири дилаки қутбҳо пайконҳо ном доранд, ки онҳо барои тақсим намудани майдони магнитӣ дар тарқиши ҳавойии байни индуктор ва якори мошин ба таври лозима, зарур мебошад (расми 2.3).

Дилаки қутбҳои асосӣ ба намуди бастаи варақаҳои пӯлодии ғафсиашон 1 ё 2 мм қамъ карда шуда бо шпилкаҳо ба ҳам кашида маҳкам карда шудаанд. Ин ба кам гаштани талафоти неру аз ҳисоби ҷаранҳои Фукои дар дилак мусоидат мекунад [1].

**Қутбҳои иловагӣ.** Онҳоро дар мошинҳои иқтидорашон зиёд аз 1 кВт барои баргараф намудани аксула-мали якор ва ҳамчун натиҷа кам намудани шарораи электрӣ дар шӯткаҳо истифода мебаранд.

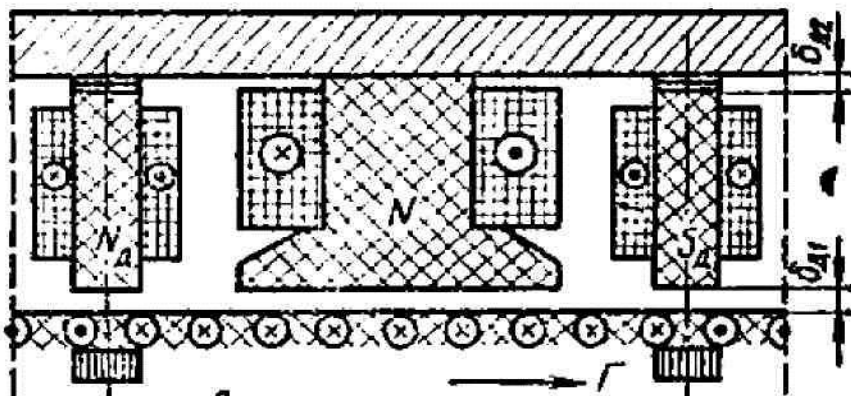


Расми. 2.2. Сошти мошини ҷараёни доимӣ  
 1-синча; 2-қутбҳои асосӣ; 3-қутбҳои иловагӣ; 4-дилаки  
 якор; 5-печаҳои қутбҳо; 6-печаҳои якор; 7- боддиҳак  
 (вентилятор); 8,16-қапқоки қафо ва пеши подшипник  
 ҳо; 9-подшипник; 10-панҷараи ҳавокашак; 11- навард; 13-  
 қуттии пайвандакҳо; болори шутқаҳо; 17-коллектор.

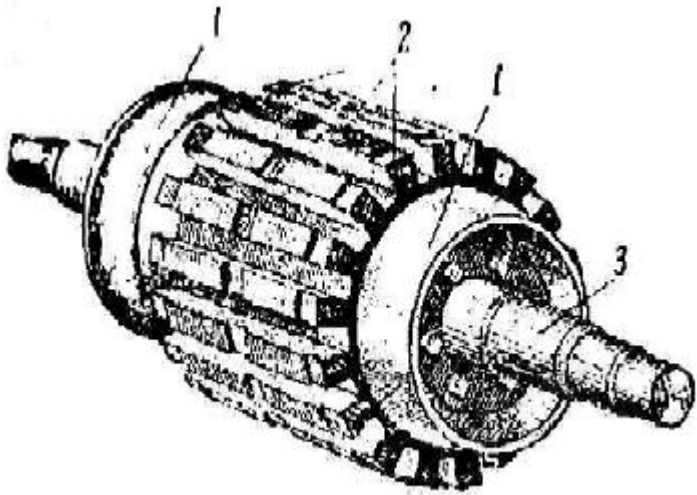
Қутбҳои иловагӣ аз дилак ва печаҳо иборатанд ва дар индуктор байни қутбҳои асосӣ ҷойгир карда мешаванд. Азбаски печаҳои қутбҳои иловагӣ бо печаҳои якор пай дар пай пайваस्त карда мешаванд масоҳати арзии ноқилҳои онҳо бояд бо борбасти кории МЧД мувофиқат намояд.

**Якор.** Якори МЧД аз навард-11, дилак-4, печаҳои якор-6 ва коллектор-17 иборат аст (расми 2.2).

**Дилаки якор.** Дилаки якор (расми 2.4) намуди цилиндршаклро дошта аз варақаҳои алоҳидаи пӯлоди электротехникии ғафсиашон 0,35-0,50 мм ҷамъ карда шудааст.



Расми 2.3. Ҷойгиршавии қутбҳои асосӣ ва иловагӣ (электромагнитҳо) дар МЧД.

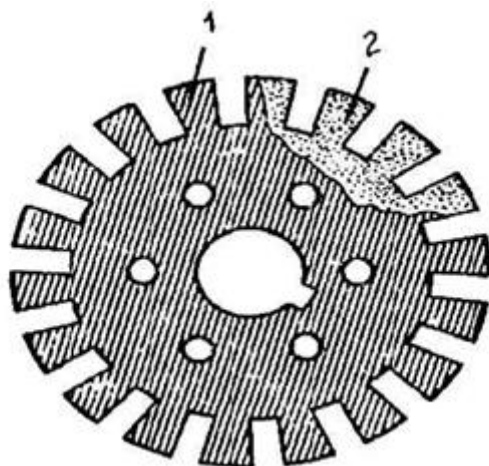


Расми 2.4. Якори бе печа

1 –қойи печаҳоро нигоҳ жоштан; 2 –қойи бандажи печаҳо; 3 –қойи коллектор.

Дилаки якор аслан аз варақаҳои алоҳидаи пӯлоди электротехники, ки ҳар ду тарафаш бо лак пӯшононида шуда ба шакли пакет чамъ карда шудааст, дар наварди якор ҷойгир карда мешавад -2. Пакет аз ду паҳлӯи якор бо шайбаҳои махсус маҳкам қада шудааст. Ин сохти якор дар мавриди давр задани он дар майдони магнитӣ ба нисбатан кам гаштани талафоти неру аз ҳисоби магнитнокгардонии дилак мусоидат менамояд (расми 2.3).

Барои хубтар сард намудани МЧД дар дилаки якор ҷӯякҳои махсуси ҳавогузар ҷой дода мешаванд (расми 2.2).

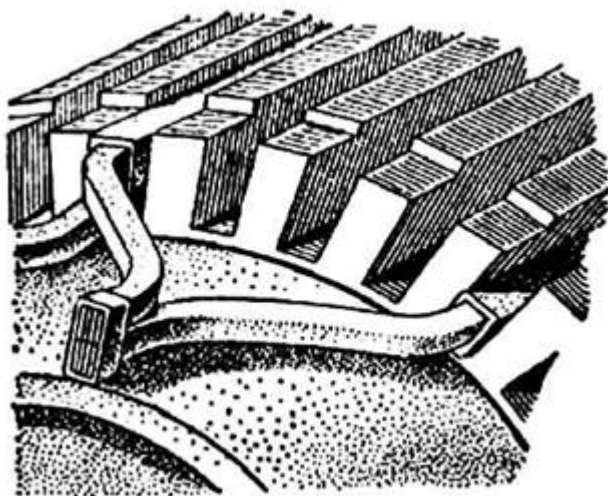


Расми 2.5. Варақаи пӯлодӣ.

1 – варқаи пӯлодӣ; 2 – илолятсияи варақа

**Печаҳои якор.** Дар сатҳи берунаи дилаки якор чӯякҳои самти арзӣ дошта бурида мешаванд. Печаҳои якор аз ноқилҳои мисини бурриши арзиашон давршакл ва ё чоркунҷашакл иборат буда дар чӯякҳои дилаки якор ҷой дода мешаванд. Ин ба он оварда мерасонад, ки печаҳо мустақкам ва аз харобшавӣ эмин ҷойгир карда шаванд, беҳтар изолтсия карда шуда, тарқиши байни сатҳи берунаи якор ва пайконҳои қутбҳо камтарин карда шаванд.

Печаи якор ба қисматҳо ҷудо карда шудааст, ки охири онҳо ба пластинаҳои коллектор васл карда шудаанд. Барои мустақкам ҷойгир шудани печаҳои якор чӯякҳо бо фонаҳои чӯбӣ, гетинаксӣ ва ё текстолитӣ маҳкам карда мешаванд. Дар баъзе навъҳои мошинҳо



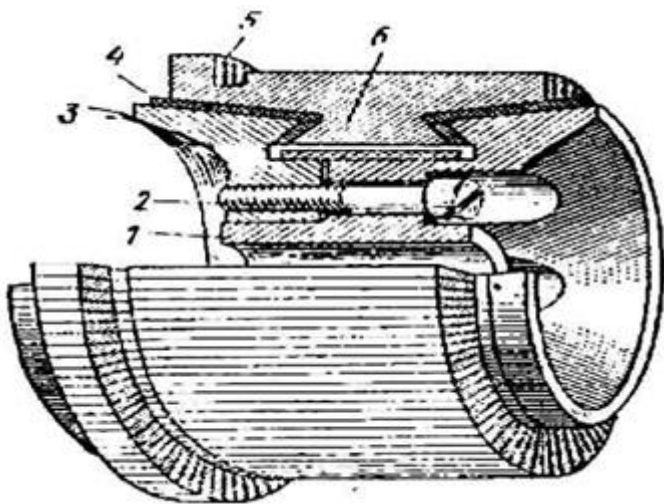
Расми 2.6. Ҷойгиркунии печа дар якор.

ҷўяқҳо маҳкам карда нашуда печаҳо бо ресмонҳо бандаж карда мешаванд. Диаметри ҷои бандажкунии печаҳо барои аз андозаи якор набаромадан каме хурдтар карда мешаванд (расми 2.6). Бандажро бо истифода аз симҳои пӯлодӣ ва ё биринҷӣ печонидан мумкин аст. Қисмҳои паҳлӯгии печаҳо (лаби берун аз дилаки печаҳо) низ бо симҳо ба ҷойҳои махсус дар индуктор маҳкам карда мешаванд.

**Коллектор.** Коллектор дар МЧД аз пластинаҳои мисини аз ҳамдигар ва аз танаи якор бо воситаи миканит изолятсия карда шуда -4, иборат мебошад (расми 2.7). Қисми охири пластинаҳои коллектор, ки аз он баландтар ҷойгиранд «Тоҷи хурӯс» ном гирифтаанд-5 ва ба он ноқилҳои печаи якор васл карда мешаванд. Поёни пластинаҳои коллектор метавонанд ба намуди «думи

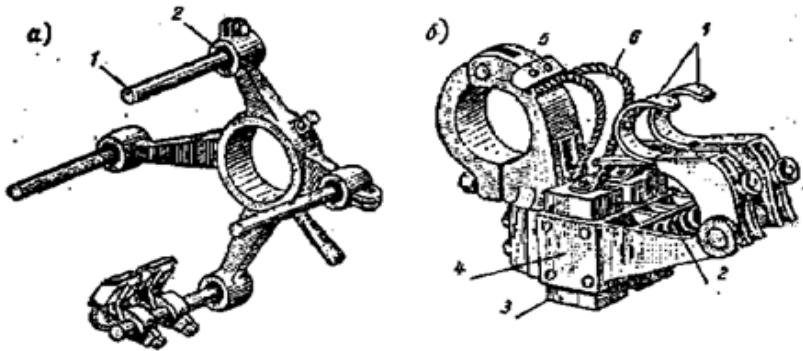
фароштурук» сохта шаванд-6, ки ин барои маҳкам кардани пластинаҳо зарур мебошад. Қайд намудан ҳатмист, ки дигар тарзҳои маҳкам намудани пластинаҳои коллектор низ вучуд доранд.

**Сохти системаи шӯткаҳо.** Барои ба вучуд овардани васли электрӣ бо сатҳи коллектор дар МЧД шӯткаҳо истифода бурда мешаванд, ки онҳо дар ҷойҳои ниғаҳдории шӯткаҳо-5 ҷойгир карда мешаванд. Дар баробари ин ҷойҳои ниғаҳдории шӯткаҳо дар навардҷаҳо - 1, ки ба болори шӯткаҳо маҳкам шудаанд, ҷойгир карда мешаванд (расми 2.8).



Расми 2.7. Коллектор. 1 – втулка; 2 – болт; 3 – ҳалқаи конусшакл; 4 – масолеҳи изолятсионӣ (миконит); 5-пластинаи коллектор.





Расми 2.8. Сошти механизми шўткаҳо.

а) – болори шўткаҳо; б) - Қойгиршавии шўткаҳо:  
 1-куланг; 2-фанарча (пружинка); 3-шўтка; 4-чанбарак; 5-  
 пайвандак; 6-ноқили қайиш.

Ба ғайр аз ин қисмҳо боз ду рўбанди подшипник-  
 ҳо ҳастанд: яке аз пеш дигаре аз ҷониби қафои мошина.

Барои пайваст намудани печаҳои мошина ба  
 манбаъҳои ҷараён қуттии пайвастунак вучуд дорад, ки  
 дар он аввалу охири печаҳо бароварда шудаанд. Аввалу  
 охири печаҳо чунин ишорат шудаанд:

Печаи якор..... Я1 ва Я2;  
 Печаи қутбҳои иловагӣ.....Д1 ва Д2;  
 Печаи компенсационӣ..... К1 ва К2;  
 Печаи ангеzonандаи пайвасти мувозӣ (шунгӣ) Ш1 ва  
 Ш2;  
 Печаи ангеzonандаи пайвасти пай дар пай(сериесӣ) С1  
 ва С2.

Эзоҳ. Рақами 1 аввал ва рақами 2 охири печаҳоро ни-  
 шон медиҳад.

## 2.2. Гармшавии мошинҳои электрӣ

Табдилдиҳии энергия аз як намуд ба дигар намуд ҳатман бо талаф ёфтани як миқдор энергия меоварад, ки он ба энергияи ҳароратӣ табдил ёфта сабаби гармшавии мошини электрӣ мегардад.

Шартан қабул шудааст, ки гармшавии мошин мунтазам дар ҳамаи қисмҳои он ба вучуд омада, пароканиши гармӣ бошад аз ҳамаи масоҳати берунаи мошини электрӣ ба муҳити беруна ба вучуд меояд. Бо дарназардошти ин шарт муодилаи баланси гармӣ чунин навишта мешавад:

$$qdt = mcdt + S\lambda tdt, \quad (2.1)$$

ки дар ин ҷо  $q$  – миқдори гармие, ки дар мошини электрӣ дар як воҳиди вақт ҷудо мешавад ва он ба

$$q = Q/dt = \sum P$$

баробар аст,

ки дар ин ҷо  $\sum P$  – ҷамъулҷамъи талафоти тавоноӣ дар муҳаррик мебошад, Вт;

$mcdt$  – миқдори гармие, ки барои гармшавии мошини электрӣ масраф мегардад;

$m$  – вазни мошини электрӣ, кг;

$c$  – бузургии гармиғунҷоишии маводи мошини электрӣ, яъне ин баробар аст ба миқдори гармие, ки барои гарм намудани 1кг-и ин мавод ба  $1^\circ\text{C}$  масраф мегардад;

$\tau$  – ҳарорати аз эътидол зиёд гармшавӣ нисбат ба ҳарорати муҳити беруна;

$S\lambda$  – миқдори гармие, ки аз масоҳати берунаи мошини электрӣ –  $S$  ба муҳити беруна дар як воҳиди вақт пароканда карда мешавад;

$\lambda$  – коэффитсиенти пароканиши гармӣ, яъне миқдори гармии аз як воҳиди масоҳати муҳаррик дар мўҳлати 1 сония дар мавриди аз эътидол  $1^\circ\text{C}$  баланд шудани ҳарорат ба муҳити беруна бароварда мешавад.

Дар лаҳзаи аввали кори худ, ҳарорати мошини электрӣ ба ҳарорати муҳити беруна баробар-  $\Theta_1$ , яъне  $\tau = 0$  мебошад. Дар ин лаҳза гармии пароканиш ҷой надорад ва ҳама гармие, ки дар мошини электрӣ ба вучуд меояд барои гармкунии худ он сарф мешавад. Баъдан, ки ҳарорати мошини электрӣ аз ҳарорати муҳити буруна зиёд мегардад, баровардани гармӣ қисман ба муҳити беруна идома меёбад. Вақте, ки ҳарорати гармшавии мошини электрӣ ба бузургии мўтадили худ мерасад, гармии ҳосилшаванда бо пурраги ба муҳити беруна бароварда мешавад, яъне речаи мувозинатии гармӣ -  $\Theta_{\text{мув}}$  ба вучуд меояд:

$$qdt = S\lambda \tau_{\text{мув}} dt ,$$

ки дар ин ҷой  $\tau_{\text{мув}} = \Theta_{\text{мув}} - \Theta_1$ .

Эътидоли ҳарорати мувозинатӣ,  $^\circ\text{C}$  ба

$$\tau_{\text{мув}} = q/(S\lambda) \quad (2.2)$$

баробар аст.

Аз ин ифода бармеояд, ки:

- Эътидоли ҳарорати мувозинатӣ новобаста аз вазни мошини электрӣ буда, бо бузургии миқдори гармӣ -  $q$ , ки дар як воҳиди вақт ҷудо шуда

ҳамарзиш (эквивалент) ба талафоти тавоноӣ  $\sum P$  мебошад, муайян карда мешавад;

- Эътидоли ҳарорати мувозинатӣ мутаносиби чаппа ба масоҳати хунуккунанда ва коэффитсиенти пароканиши гармӣ мебошад, яъне он вобаста ба шиддатнокии хунуккунӣ мебошад.

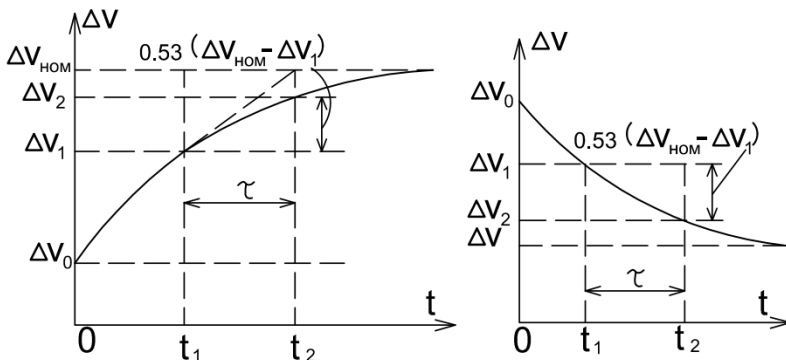
Вобастагии эътидоли ҳарорати мошини электрӣ бо баробарии зерин ифода ёфта метавонад:

$$\tau = \tau_{\text{мув}}(1 - e^{-t/T_n}), \quad (2.3)$$

ки дар ин ҷо  $T_n$  – доимии вақти гармшавӣ мебошад.

Чадвали гармшавӣ  $\tau = f(t)$  намуди хати качи нигорандари дорад, ки он гармшавии мошини электриро то эътидоли ҳарорати мувозинатӣ дар фосилаи вақти бисёр нишон медиҳад (расми 2.9). Протсеси гармшавӣ дар аввал бо суръати тез ва баъдан, то ҳар чи наздиктар ба ҳарорати мувозинатӣ шудан сусттар мегузарад. Аз рӯи нуқтаи назариявӣ ҳарорати мошини электрӣ то бузургии мувозинатии худ намерасад ( $\tau = \infty$ ). Хати тамос аз аввали чадвал гузаронида порчаи хати ростро дар андозаи вақт- $T_n$  ҳамчун бузургии доимии вақт муайян намудан имконпазир аст.

Доимии вақт ин фосилаи вақтест, ки дар он эътидоли ҳарорат ба қимати мувозинатии худ мерасад агар чадвали гармшавӣ намуди хати ростии тамоси аз аввали чадвали гармшавӣ гузаронидашуда бошад. Дар амал эътидоли ҳарорати мошинҳои электрӣ ба қимати мувозинатии худ дар фосилаи вақти  $t = (4-5) \cdot T_n$  мерасад.



Расми 2.9. Гармшавӣ (а) ва сардшавиӣ (б)  
ҷисми якҷинса

Дар мавриди мошини электрӣро аз кор бозмондан - рафти гармшавиӣ онро қатъ намудан он ба муҳити беруна гармии ҷамъгардидаро пароканиш менамояд ва ин то даме идома меёбад, ки ҳарорати он ба ҳарорати муҳити беруна баробар гардад. Ин процес ҷадвали сардшавӣ ном дорад ва бо муодилаи зерин муайян карда мешавад

$$\tau = \tau_{\text{мув}} \cdot e^{-t/T_0},$$

ки дар ин ҷо  $T_0$  – доимии вақти сардшавӣ аст.

Ҷадвали хунукшавиӣ мошини электрӣ дар расми 2.9 б тасвир шудааст. Ҳамзамон, қабул шудааст, ки пастшавиӣ ҳарорати мошини электрӣ аз ҳарорати эътидолии худ то ҳарорати муҳити беруна дар фосилаи вақти  $t = (4-5) \cdot T_0$  ба амал бароварда мешавад.

Таҳлилҳои овардашуда нишонанд он шуда метавонанд, ки доимии вақти гармшавӣ ва сардшавӣ ин суръати тағйирёбии ҳарорат дар мошини электрӣ ме-

бошад. Масалан, то чанде доимии вақти мошини электрӣ кам бошад ҳамон миқдор суръати гармшавии он баланд аст.

### Усули соддаи ҳисоби гармшавӣ дар речаи муқарраршуда

Чуноне ки қайд карда шуд, ҳисоби гармшавӣ метавонад тамоюли калони зиёдшавии ҳарорати эътидоли нисбат ба бузургии ҳақиқии онҳо дошта бошад. Вале ҳатто бузургии тақрибии ҳарорати гармшавӣ, ки майдони шадидияти ҳароратиро барои қисмҳои алоҳида тасвир намуданро имконият медиҳад, аҳамияти калон дар ҳисоби мошинҳои электрӣ дорад.

Усули сода ва истифодаи муодилаҳои ҳисоби гармшавӣ асосан дар таҳияи лоиҳаҳо ва истехсолоти мошинҳо истифода меёбанд. Он дар асоси қабули фарзияҳои зерин амал менамояд: қабул карда мешавад, ки ҳама талафотҳои ҳосилшаванда дар қисми фаъоли пӯлодӣ статор (ротор) аз масоҳати сардшавандаи цилиндрии статор (ротор) ва талафотҳои қисмҳои лаби печаҳо аз масоҳати сардшавандаи онҳо бароварда мешаванд. Бо дарназардошти ин фарзияҳо бо формулаҳои овардашуда дар алоҳидаги ҳарорати гармшавӣ  $\Delta\vartheta_1$  -и қисми печаҳое, ки дар тӯли дарозии фаъоли пӯлод -  $l_1$  ҷойгиранд ва ҳарорати гармшавӣ  $\Delta\vartheta_2$  -и лаби печаҳо дар дарозии лабҳои печаҳо-  $l_2$  муайян карда мешаванд.

Бузургии миёнаи ҳарорати гармшавии печаҳо ҳамчун:

$$\Delta\vartheta = \frac{\Delta\vartheta_1 l_1 + \Delta\vartheta_2 l_2}{l_1 + l_2} \quad (2.4)$$

муайян карда мешавад.

Ҳамин тавр муодилаҳои ҳисоби соддаи якор ва печай ангеzonандаро низ овардан мумкин аст.

### Ҳисоби соддаи ҳарорати печай якор

Фарқияти ҳарорат дар изолятсияи печай якорро аз муодилаи зерин муайян намудан мумкин аст:

$$\Delta\vartheta_{uz} = \frac{\rho_{\vartheta} \cdot A \cdot J_k \cdot k_f \cdot t \cdot b_{uz}}{\lambda_{uz} \cdot \Pi}, \quad (2.5)$$

ки дар ин ҷо:  $A$  – борбасти хаттии якор, А/м ;

$J$  – зиччии ҷараён дар печай якор, А/мм<sup>2</sup> ;

$k_f$  - коэффитсиенти зиёдшавии талафот дар  
печа ;

$t$  – тақсимои дандонавӣ, м ;

$b_{uz}$  - ғафсии изолятсия, м;

$\rho_{\vartheta}$  - гузаронандагии нисбии мис (аз  
фехристи П5);

$\Pi$  – дарозии андозаи ҷӯяки якор, м.

Ҳарорати гармшавии масоҳати берунаи якор нисбат ба ҳарорати ҳавои сардшаванда истифода аз (2.5) муайян карда мешавад. Пешаки бузургии нисбии сели гармӣ –  $q_a$ , Вт/м<sup>2</sup>, ки ба як воҳиди масоҳати силиндрии берунаи якор мувофиқат менамояд, бо дарназардошти масоҳати сатҳи ҷӯякҳои вентилятсионии меҳварӣ, муайян карда мешавад:

$$q_a = \frac{\rho_{\vartheta} \cdot A \cdot J_k \cdot k_f}{\left(1 + \frac{m_k \cdot d_k}{D}\right)} + \frac{P_c}{\pi \cdot D \cdot \ell_1 \cdot \left(1 + \frac{m_k \cdot d_k}{D}\right)}, \quad (2.6)$$

ки дар ин ҷо:  $D$  – диаметри якор, м;

$m_k$  - теъдоди ҷӯякҳои вентилятсионӣ;

$d_k$  - диаметри чӯяки вентилятсионии  
меҳварӣ, м;

$\ell_1$  - дарозии якор, м.

Дар мавриди ҷой доштани чӯякҳои вентилятсионии радиалӣ

$$n_s \cdot d_s = 0 .$$

Коэффитсиенти гармигузаронӣ  $\alpha_{\vartheta}$  - Вт/(м<sup>2</sup>·°С) баробар ба:

дар вентилятсияи радиалӣ;

$$\alpha_{\vartheta} = 66 \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta_a) , \quad (2.7)$$

ки дар ин ҷо  $\vartheta_a = \pi D n / 60$  суръати кунҷии якор, м/с ;

дар вентилятсияи меҳварӣ;

$$\alpha_{\vartheta} = 22 \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta_{\text{сеч}}) , \quad (2.8)$$

ки дар ин ҷо  $\vartheta_{\text{сеч}} = \pi D_{\text{сеч}} n / 60$  суръати кунҷии вентиля-

тор, м/с ;

$D_{\text{вен}}$  – диаметри берунаи вентилятор, м.

Дар ин маврид, ҳарорати гармшавӣ ба:

$$\Delta \vartheta_{\text{мас.а}} = q_a / \alpha_{\vartheta} \quad (2.9)$$

баробар мебошад.

Ҳарорати гармшавӣ дар сатҳи берунаи баромади печаҳои якор нисбат ба ҳарорати ҳавои сардкунанда  $\Delta \vartheta_{\text{л}}$  бо истифода аз (2.5) муайян кардан мумкин аст. Бузургии нисбии сели гармӣ  $q_{\text{л}}$ , Вт/м<sup>2</sup> аз масоҳати берунаи лаби печаҳо мутаносиб ба талафотҳои дар он мавҷудбуда муайян карда мешавад. Бо дарназардошти он, ки дарозии меҳварии масоҳати берунаи сардшавандаи лаби печаҳо, хурдтар нисбат ба дарозии лаби нимпеч -  $\ell_1$  мутаносибан ба  $\ell_1/2\ell_b$  аст, ки  $\ell_b$  –



дарозии як тарафи баромади қисмҳои лабҳои печаҳо мебошад, ҳосил менамоем:

$$q_{\pi} = 1,4 \cdot \frac{A \cdot J}{\gamma_{\vartheta}}$$

Коэффитсиенти гармигузаронӣ ба:

$$\alpha_{\vartheta} = 30 \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta),$$

баробар аст, ки дар ин ҷо  $\vartheta$  - суръати кунҷии якор дар ҳолати вентиляцияи радиалӣ будан ё суръати кунҷии вентилятор дар ҳолати вентиляцияи меҳварӣ будан, м/с.

Ҳарорати гармшавии масоҳати қисмҳои лабҳои печаҳо нисбат ба ҳарорати ҳавои сардкунанда, °C ба:

$$\Delta\vartheta_{\pi} = q_{\pi} / \alpha_{\vartheta}$$

баробар аст.

Қимати миёнаи ҳарорати гармшавии печаи якор, °C ба:

$$\Delta\vartheta_{\text{а}} = \frac{(\Delta\vartheta_{\text{г}} + \Delta\vartheta_{\text{мас.а}}) \cdot \ell_{\text{г}} + \Delta\vartheta_{\pi} \cdot \ell_{\pi}}{\ell_{\text{г}} + \ell_{\pi}}. \quad (2.10)$$

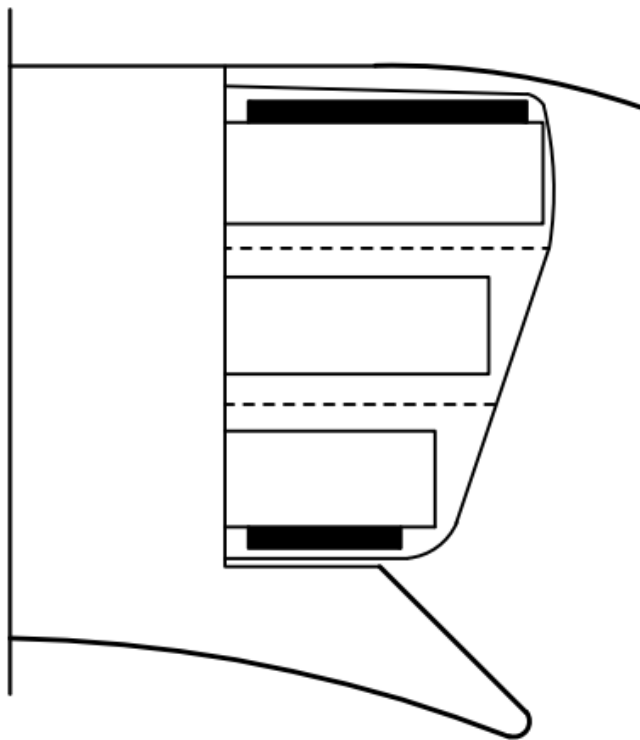
баробар аст.

### Печаи ангеzonанда

Ҳарорати гармшавии печаи ангеzonанда аз фарқияти ҳарорат дар дохили ғалтак ва байни масоҳати берунаи ғалтаку ҳавои сардкунанда иборат мебошад. Муайян намудани фарқияти ҳарорат дар ғафсии печаи ангеzonанда, кадоме аз қабатҳои зиёд иборат аст, муаммои калонро ба миён меорад. Барои бисёр мошинҳои муқаррарӣ дар асоси озмоишҳо, бузургии фарқияти ҳароратро дар дохили печаҳои бисёрқабата ба миқдори 25% аз ҳарорати гармшавии масоҳати беруна бар ҳарорати ҳавои сардкунанда, қабул намудан мумкин аст.

Бузургии нисбии сели гармӣ, ки ба як воҳиди масоҳати гармипароканишкунандаи ғалтак рост меояд, Вт/м<sup>2</sup> бо бузургии талафот дар печай ангезонанда  $P_{анг}$  ва масоҳати он  $S_{анг}$  муайян карда мешавад:

$$q_s = \frac{P_{анг}}{S_{анг}} . \quad (2.11)$$



Расми 2.10. Сатҳи гармипароканишкунандаи ғалтаки ангезонанда

Агар коэффитсиенти гармигузаронандаро ба:

$$\alpha_{\vartheta} = 5 \cdot (1 + 0,7 \cdot \sqrt{\vartheta_1}) \quad (2.12)$$

баробар қабул намоем он гоҳ  $S_{\text{анг}}$  бояд ҳамчун қимати миёнаи арифметикии масоҳати сатҳи ҳаворасанда ва сатҳи афканишоти гармӣ, кадоме бо хатҳои рах-рах дар расми 2.10 нишон дода шудааст, муайян карда шавад.

Бузургии миёнаи ҳарорати гармшавии печай ангезонанда, °C ба:

$$\Delta\vartheta_{\text{е}} = q_{\text{е}} / \alpha_{\vartheta} \quad (2.13)$$

баробар аст.

Формулаи (2.13) ҳам барои печай ангезонандаи қутбҳои асосӣ ва ҳам барои печай бисёрқабатаи қутбҳои иловагӣ қобили қабул мебошад.

### Коллектор

Ҳарорати гармшавии сатҳи берунаи коллектор бар ҳарорати ҳавои сардкунанда мутобиқ ба талафотҳои дар коллектор муайян карда мешавад ва инчунин метавон бо формулаи (2.9) бузургии онро ҳисоб кард.

Инак, кори мошини электрӣ ба гармшавии ҳамаи қисмҳои он меоварад. Гармшавиро бештар маводҳои изолятсионии электрӣ ва алаҳхусус изолятсияи электрии ноқилҳо эҳсос менамоянд, чунки бо баланд шудани ҳарорати гармӣ хосиятҳои изолятсионӣ ва устувории онҳо коҳиш меёбанд.

Маводҳои изолятсионӣ, ки дар дастгоҳҳои электрӣ истифода меёбанд аз ҷиҳати тобоварӣ ба гармӣ ба 7 гурӯҳ тақсим шудаанд (ҷадвали 2.1). Барои гурӯҳҳои алоҳида ҳарорати эътидолии онҳо ҳамчун стандарт муайян гардидааст.

Ҷадвали 2.1

Дараҷаи тобоварӣ ба гармӣ	Ү	А	Е	В
Ҳадди имконпазирии ҳарорат, °С	90	105	120	130
дараҷаи тобоварӣ ба гармӣ	Ғ	Н	С	
ҳадди имконпазирии ҳарорат, °С	155	180	>180	

Дар мавриди муайян намудани ҳарорати гармшавии қисмҳои алоҳидаи мошини электрӣ ҳарорати муҳити берунаро баробар ба 40°С қабул кардан зарур мебошад.

### 2.3. Тарзҳои сард намудани мошинҳои электрӣ

Тарзҳои табиӣ ва сунъӣ сард намудани мошинҳои электрӣ вучуд доранд.

#### Тарзи табиӣ

Ин намуд мошинҳои электрӣ қисми боддиҳанда (вентилятор) ва ё дигар қисмҳои, ки ба сардкунӣ мусоидат менамояд надоранд. Сардкунии табиӣ аз ҳисоби гармигузаронандагӣ ва конвекция ва амал бароварда мешавад.

Гармигузаронандагӣ – механизми гузаронидани гармӣ дар қисмҳои саҳт аз сатҳи дорои ҳарорати баланд ба сатҳи дорои ҳарорати паст ба вучуд меояд. Масалан, ноқили печай ғалтакҳо, ки аз ҳисоби ҷори гаштани ҷараён гарм мешаванд гармии худро бо воситаи изоллятсияҳо ба дилакҳо мегузаронанд, баъдан гармӣ аз дилакҳо ба танаи мошин ва аз он ба муҳити беруна баровада мешавад.

**Конвексия**- механизми гузарониши гармӣ аз ҳисоби соиш хӯрда гармии қисмро бо худ бурдани ҳаво мебошад. Чуноне аз физика маълум аст, ҳавои дорои ҳаро-

рати нисбатан баланд ба боло ҳаракат намуда ҷои онро ҳавои дорои ҳарорати нисбатан паст ишғол менамояд ва дар натиҷа гардиши ҳаво дар дохили мошини электрӣ ба вучуд меояд, ки онро тарзи сардкунии табиӣ аз ҳисоби конвексия менаманд. Дар баробари ин тарзи сардкунӣ аз ҳисоби конвексияи сунъӣ низ ҷой дорад, ки вобастагӣ ба гардиши қисми даврзанандаи мошини электрӣ дар амал меояд.

### **Тарзи сардкунии сунъӣ**

Ин тарзи сардкунӣ истифода аз қисмҳои махсус, асосан вентилятор, ки ҳавои дохили мошини электрӣро ҷойиваз менамояд, ба амал бароварда мешавад. Дар мошинҳои электрӣ тарзи сардкунии сунъӣ асосан бо воситаи вентиляторҳое, ки дар наварди он насб шудааст ба амал бароварда мешавад. Худсардкунӣ бо воситаи вентилятор, метавонад дохила ва беруна бошад, яъне вентилятор метавонад дар дохили мошини электрӣ ва ё дар беруни он ҷойгир шуда бошад. Дар мавриди худсардкунии беруна вентилятор танаи мошини электрӣро, ки қирраҳои бисёррӯя дорад бод дода онро сард менамояд ва гармии дохили мошини электрӣ аз ҳисоби фарқияти бузурги ҳароратӣ мунтазам ба танаи он ва бо бод ба муҳити беруна бароварда мешавад. Дар тарзи худсардкунии дохила тана ва сипари подшипникҳо сӯрохии махсус доранд, ки аз он ҳавои беруна ворид гашта гармии мошинро гирифта баъдан боз ба муҳити беруна бароварда мешаванд.

Ин тарзи худсардкунӣ дар расми 2.9 оварда шудааст. Вентиляторе, ки дар наварди мошини электрӣ насб гар-

дидааст, ҳавои берунаро аз тарафи рост кашида вориди мошини электрӣ менамояд ва фишори аэродинамикӣ ба вучуд оварда, аз ин лиҳоз ҳаво аз қабати қисмҳои мошини электрӣ гузашта гармии онҳоро бо худ гирифта ба муҳити беруна, аз тарафи чапи мошини электрӣ мебарорад. Баҳри баланд бардоштани самаранокии сардкунӣ бо воситаи бод дар ноқилҳои магнитии баъзе мошинҳои электрӣ сӯроҳиҳои махсус гузошта мешаванд, ки аз онҳо ҳаво гузашта ҳарорати онро бо худ мебарад. Суроҳиҳои ҳавогузар метавонанд уфуқӣ ва амудӣ ҷой гирифта бошанд ва вобаста ба ин системаи сардкунӣ ҳавоии уфуқӣ ва амудӣ ном гирифтааст.

### **Масолеҳҳои дар мошинҳои электрӣ истифодашаванда**

Дар сохтани мошинҳои электрӣ масолеҳҳои гуногун истифода бурда мешаванд, ки онҳоро асосан ба се гурӯҳ тақсим намудан мумкин мебошад:

1. Масолеҳҳои фаъол;
2. Масолеҳҳои изолятсионӣ;
3. Масолеҳҳои констуксионӣ.

### **Масолеҳҳои фаъол**

Масолеҳҳои фаъол дар мошинҳои электрӣ барои гузаштани протсесҳои электромагнитӣ зарур мебошанд. Ба ин гурӯҳ масолеҳҳои магнитӣ (ноқили магнитӣ ва дилакҳо) ва масолеҳҳои дорои қобилияти хуби гузаронандагии ҷараёни электрӣ (ноқили печаҳо) дохил мешаванд.

## Масолехҳои магнитӣ

Ин масолехҳо барои сохтани ноқили магнитӣ истифода мешаванд. Яке аз талаботҳои асосӣ ба ин гурӯҳ масолехҳо ин дорои гузаронандагии хуби магнитӣ доштани онҳо мебошад, яъне бо масрафи камтарини қувваи магнитнокунӣ тавонанд бисёртар сели майдони магнитӣ ҳосил намоянд. Баъзе қисмҳои ноқили магнитии мошинҳои электрӣ (дилаки статори мошинҳои тағйирёбанда, дилаки якори мошинҳои доимӣ ва дигарон), ки доимо самти магнитноккуниашон тағйир ёфта меистанд барои онҳо талафи нерӯ дар ҷараёни фукои ва ҳалқаи ҳистерезис хос мебошад. Бинобар ин ба масолехҳои магнитӣ иловатан талаботи кам талаф доштани неру барои тағйирёбии самти магнитноккунӣ инчунин дорои гузаронандагии электрии хуб будани онҳо (ин мусоидат ба кам гаштани ҷараёни фукои меоварад) гузошта мешавад.

Беҳтарин масолехи магнитӣ, ки ба ин талаботҳо ҷавобгӯӣ мебошад пӯлоди махсус ба ҳисоб меравад [2].

Пӯлоди махсус аз ҳисоби тағйир додани теъдоди кремний дар таркиби он сохта мешавад ва вобаста ба миқдори кремний ҳосиятҳои магнитӣ ва механикии он дигаргун мебошад.

Ба ғайр аз ин варақаҳои пӯлоди махсус вобаста аз роҳҳои суфта (прокат) намудани онҳо ба намудҳои сардсуфташуда ва гармсуфташуда ҷудо мешаванд.

Умуман ҳелҳои нави пӯлод чунин ишорат дошта метавонанд, масалан Э2312. Рақамҳое, ки дар ишорати пӯлоди махсус оварда шудаанд нишонаи дараҷаи онҳо мебошанд ва чунин маъни доранд:

- Рақами аввал ба роҳи суфташуда ва таркиби он ишорат менамояд: рақами 1 – гармсуфташуда; 2 – сардсуфташуда бо дорои хосиятҳои якхела дар ҳама равишҳо (изотропӣ); 3 – сардсуфташуда бо дар равишҳои амудӣ дорои хосиятҳои гуногун доштан.
- Рақами дуюм – нишонаи теъдоди миқдори кремний дар таркиби пӯлод:  
0 – то 0,4%; 1 – аз 0,4 то 0,8%; 2 – аз 0,8 то 1,8%; 3 – аз 1,0 то 2,8%; 4 – аз 2,8 то 3,8%; 5 – аз 3,8 то 4,8%.
- Рақами сеюм – нишона ба қадом гурӯҳ нисбат ба бузургии нисбии талафи неру.
- Рақами чаҳорум – нишонаи тартиби ҷойгиршавии пӯлоди махсус.

Ноқили магнитӣ аз варақаҳои пӯлодии махсус бо усули махсус (шихтовка) ҷамъоварӣ карда мешавад ва варақаҳои он дар алоҳидаги аз ҳамдигар изолятсия карда мешаванд, ки ин барои кам намуда талафи неру барои ҷараёнҳои фуқои мусоидат менамояд.

Дар мошинҳои электрии асинхронӣ ва ҷараёни доимии муосир асосан варақаҳои пулодии сардсуфташудаи дорои дар равишҳои амудӣ хосиятҳои якхела доштаи намуди 2013, 2312 ва 2411, ки дорои хосиятҳои баланди магнитӣ ва сифати мебошанд бештар истифода бурда мешаванд.

Дар сохтани дилаки қутбҳои асосӣ бештар варақаҳои аз пӯлоди оддии ғафсиашон 1-2мм ва ё пӯлоди махсуси сардсуфташудаи дар равишҳои амудӣ хосиятҳои гуногун дошта -3411 истифода бурда мешаванд.



Дар ин маврид бояд самти суфташуда бо наварди дилаки кутб ҳамсамт ҷойгир карда шаванд.

### Масолеҳи ноқили электрӣ

Дар мошинҳои электрӣ ба сифати масолеҳи ноқили электрӣ асосан миси дар асоси электролиз ҳосил гардида ва ё алюминии тоза истифода бурда мешавад. Мисе, ки барои ноқили электрӣ истифода бурда мешавад бояд дар таркибаш дигар омехтаҳо на зиёд аз 0,1 % дошта бошад.

Муқовимати масолеҳҳои ноқилӣ аз ҳарорати гармӣ вобастаги доранд ва бо баланд шудани ҳарорат муқовимати онҳо низ афзун меёбанд. Мутобиқ ба талаботҳои стандарти дар мавриди ҳисоб намудани муқовимати ноқилҳо ҳарорати онро 70°C қабул намудан лозим аст. Дар қадвали 2.1 бузургии муқовимати масолеҳҳои ноқилӣ барои ҳароратҳои гуногуни кори оварда шудаанд.

#### Қадвали 2.1.

Бузургии нисбии муқовимати масолеҳҳои ноқилӣ

Номгуи масолеҳ	Муқовимати электрӣ, 10 <sup>-6</sup> Ом·м дар ҳарорати °C			Зичӣ, 10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>
	20	75	115	
Ноқили миси	0,0175	0,0213	0,0244	0,089
Ноқили алюминӣ	0,0294	0,0357	0,0400	0,0265
Рехтаи алюминӣ	0,0366	0,0465	0,0488	0,0265

## Ноқили печаҳо

Барои печаҳои мошини электрӣ асосан ноқилҳои миси ва алюминӣ истифода бурда мешаванд. Ноқили печаҳо бояд ба якчанд талабот, аз он ҷумла ба талаботҳои зерин ҷавобгӯӣ бошад:

1. Дорои устувории кофии электрӣ ва механикӣ;
2. Ғафсии хурди изолятсия доштан;
3. Хусусияти баланди механикӣ ва бар замми ин дорои қайшии хуб доштан;
4. Чандирӣ, устувории электрӣ ва ҳароратӣ доштан;
5. Дорои сарфи камтарини нерӯӣ электрӣ доштан.

Барои изолятсияи ноқили печаҳо асосан аз масолеҳҳои нахдор, эмали ва ё нахдори эмали истифода бурда мешавад. Аз сабаби ғафсии кам доштани изолятсияи эмали ин намуд ноқилҳо бештар истифода бурда мешаванд. Дараҷаи тобоварии изолятсияи ноқили печаҳо вобаста аз оне, ки кадом намуд лак истифода шудааст муайян карда мешавад. Дар ҷадвали 2.2 навиҳои ноқили печаҳое, ки амалан бештар истифода мешаванд, оварда шудааст.

Ҷадвали 2.2. Навиҳои ноқили печаҳо, ки дар мошинаҳои электрӣ истифода мешаванд

№№ Пп	Навиҳои ноқил	Дараҷаи изолятсия	Тавсифи ноқил
----------	------------------	----------------------	---------------

1.	ПЭТ-155	F	Ноқили мисини буриши арзиаш даврашакал бо изолятсияи аз полиэфиримеди
2.	ПЭТВ-155	F	Ноқили мисини буриши арзиаш чоркунҷашакал бо изолятсияи аз полиэфиримеди
3.	ПЭТВ	B	Ноқили мисини буриши арзиаш даврашакал бо изолятсияи аз полиэфиримеди
4.	ПЭТВП	B	Ноқили мисини буриши арзиаш чоркунҷашакал бо изолятсияи аз полиэфиримеди
5.	ПСД	F	Ноқили мисини буриши арзиаш даврашакал ва ё чоркунҷашакал бо изолятсияи дуқабата аз нахи шишагии беишқор, ки бо ширеш ва локи ба ҳарорат тобовар ҷаббонидашуда.
6.	ПСДК	H	Мисли ПСД танҳо бо ширеш ва локи силитсии органикӣ ҷаббонидашуда
7.	ПЭТВСД	B	Ноқили мисини бури-

			ши арзиаш чоркунча- шакл бо изолятсия аз эмали ба ҳарорат тобо- вар ва бо ду қабат нахи шишаги печонида, ки бо ширеш ва локи ба ҳарорат тобовар ҷаббо- нидашуда.
--	--	--	---

### **Масолехҳои изолятсионӣ**

Дар машинҳои электрӣ масолехҳои гуногуни изолятсионӣ истифода мешаванд. Бояд тазакур дод, ки асосан эътимоднокӣ, андоза, вазн ва арзиши машини электриро намуди масолехи изолятсионӣ ва хосиятҳои ӯ муайян менамояд.

Яке аз хосиятҳои масолехи изолятсионӣ ин ба ҳарорати гармӣ тобовар будани ӯ мебошад. Чуноне қайд карда шуда буд, аз нигоҳи тобоварӣ ба ҳарорати гармӣ масолехҳои изолятсионӣ ба 7 гурӯҳ тақсим гардидаанд ва танҳо дараҷаҳои В, F ва H, ки нисбатан тобовар ба ҳарорати гармӣ мебошанд, дар машинҳои электрӣ истифода меёбанд.

#### **Масолехҳои изолятсионии дараҷаи В**

Ин масолехҳо дар асоси диэлектрикҳои ғайриорганикӣ сохта шудаанд (абрак, асбест, нахҳои шишадор), хосиятҳои ширеши, ҷаббонидан ва рӯйпӯшкунӣ бо воситаи локҳо ва қатрон дошта, ки тобовар ба ҳарорати баланд буда, асоси органикӣ доранд (дар ҳаҷмаш то 50% масолехи органикӣ дорад).

Ба ин гурӯҳ масолеҳҳои изолятсионии зерин дохил мешаванд:

- дар асоси абрак: миканит, лентаи миканитӣ, микафолий;
- масолеҳҳои гуногуни синтетикӣ;
- қатрони полиэфирӣ, фторопласт-3, пластмас-са дар асоси иловагии ғайриорганикӣ.

### **Масолеҳҳои изолятсионии дараҷаи F**

Ин гурӯҳ масолеҳҳо дар асоси абрак, асбест ва нахҳои шишагӣ, вале бо истифода аз лок ва қатрони органикӣ, аз он ҷумла истифода аз дигар қатронҳои ба ҳарорати баланд тобовар, сохта мешаванд.

### **Масолеҳҳои изолятсионии дараҷаи H**

Ин гурӯҳ масолеҳҳо ҳама он масолеҳҳое, ки дар дараҷаи масолеҳҳои изолятсионии F истифода шудаанд ва иловатан дар таркибашон лок ва қатронҳои силитсияи органикӣ доранд[4].

Дар мошинҳои электрӣ қисмҳои алоҳидаи масолеҳҳои изолятсионӣ ғайримунтазам гарм мешаванд ва аз сабаби он, ки муайян намудани қисмҳои бештар гармшавандаи масолеҳи изолятсионӣ душвор аст, дар амал, дар мавриди интиҳоби онҳо бузургии интиҳобӣ ҳароратии онҳо нисбатан паст гирифта мешавад (Ҷадвали 2.3), чунки аз ин мӯҳлати хизмат ва эътимоднокии онҳо вобаста мебошад. Бинобар ин аз дуруст интиҳоб намудани масолеҳи изолятсионӣ эътимоднокӣ ва самаранокии мошинҳои электрӣ вобастагии калон доранд.

Ҷадвали 2.3. Бузургии интиҳои имконпазирии ҳарорати гармӣ барои масолеҳҳои изолятсионии гурӯҳҳои В, F ва Н.

№№ Пп	Дараҷаи тобоварӣ ба ҳарорати гармӣ	В	F	Н
1.	Интиҳои имконпазирии ҳарорати гармии изолятсия, °С	130,0	155,0	180,0
2.	Интиҳои имконпазирии ҳарорати гармии печаҳо, °С	120,0	140,0	165,0
3.	Интиҳои имконпазирии ҳарорати гармии печаҳо, °С (дар ҳолати 40 °С қабул намудани ҳарорати муҳити беруна)	80,0	100,0	125,0
4.	Дар ҳисоби ҳарорати кори ва муқовимати печаҳо, °С	75,0	115,0	115,0

Одатан печаҳоро бо якчанд қабат намудҳои гуногуни масолеҳ изолятсия менамоянд ва дар ин маврид аз дуруст интиҳоб намудани намудҳои онҳо, ки ба ҳамдигар мувофиқат намоянд, амали эътимоднок ва самараноки онҳо вобаста мебошад. Ба назар гирифтани лозим, ки масолеҳҳои изолятсионӣ дар баробари дорони хосиятҳои хуби тобовари ба ҳарорати

гармӣ доштан, боз устувор аз ҷиҳати механикӣ ва намноки инчунин ба сармо тобовар бошанд.

Дар мошинҳои электрии муосир истифодаи масолеҳҳои изолятсионии таркибӣ мураккаб дошта назаррас мебошад. Ин намуд масолеҳи изолятсионӣ дар якҷоягии пардаи полимерӣ бо ҳаргуна масолеҳҳои қайшӣ, изолятсионӣ дар асоси нахҳои синтетикӣ мебошанд. Якҷоягии масолеҳҳои изолятсионӣ аз ҳисоби бо ширеш якҷоя намудан ҳосил карда шудаанд.

### **Масолеҳҳои конструксионӣ**

Дар мошинҳои электрӣ ин намуд масолеҳҳо барои тайёр намудани тана ва қисмҳои алоҳидаи он, ки барои ҷимояи мошини электрӣ аз таъсири муҳит ва қувваҳои беруна, қабул ва интиқол додани нерӯи механикӣ хизмат менамоянд, сохта мешавад.

Ба гурӯҳи масолеҳҳои конструксионӣ, ки дар сохтани мошинҳои электрӣ истифода бурда мешаванд пӯлод, чӯян, металлҳои ранга ва ҳӯлаи онҳо инчунин алюминий ва пластмассаҳо дохил мешаванд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Мошини ҷараёни дойимӣ аз кадом қисмҳои асосӣ иборатанд?
2. Вазифаи якори МЧД дар чист?
3. Вазифаи индуктори МЧД дар чист?
4. Вазифаи коллектор дар МЧД дар чист?
5. Кадом намуд масолахҳои изолятсионӣ дар МЧД истифода меёбанд?
6. Кадом намуд масолахҳои ноқилӣ дар МЧД истифода меёбанд?
7. Изолятсияи МЧД кадом хосиятҳоро бояд доро бошанд?
8. Ноқилҳои МЧД кадом хосиятҳоро доро бошанд?
9. Кадом намуд масолахҳо дар МЧД истифода меёбанд?
10. Ноқили печаҳо кадом хусусиятҳоро бояд доро бошанд?
11. Кадом намуд изолятсияҳо дар МЧД истифода меёбанд?
12. Коллектор чӣ вазифаро дар муҳаррики ЧД иҷро менамояд?
13. Коллектор чӣ вазифаро дар генератори ЧД иҷро менамояд?
14. Масолахҳои изолятсионии дараҷаи F ва H чӣ хусусиятҳоро доро мебошанд?
15. Шӯткаҳо дар кадом қисми МЧД ҷойгиранд?
16. Пластинаҳои коллектор аз ҳамдигар бо кадом мавод изолятсия карда мешаванд?
17. Индуктор дар МЧД чӣ вазифаро иҷро менамояд?
18. Якор дар МЧД чӣ вазифаро иҷро менамояд?