

БОБИ ПАНЧУМ

5. ГАРМШАВИИ МОШИНҲОИ ЭЛЕКТРӢ

Табдилдиҳии энергия аз як намуд ба дигар намуд ҳатман бо талаф ёфтани як миқдор энергия оварда мерасонад, 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:

$$qdt = mcdt + S\lambda\tau dt, \quad (5.1)$$

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°C масраф мегардад;

τ – ҳарорати аз эътидол зиёд гармшавӣ нисбат ба ҳарорати муҳити беруна;

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

λ – коэффитсиенти пароканиши гармӣ, яъне миқдори гармии аз як воҳиди масоҳати муҳаррик дар мӯҳлати 1сония

дар мавриди аз эътидол 1°C баланд шудани ҳарорат ба муҳити беруна бароварда мешавад.

Дар лаҳзаи аввали кори худ, ҳарорати мошини электрӣ ба ҳарорати муҳити беруна баробар- Θ_1 , яъне $\tau = 0$ мебошад. Дар ин лаҳза гармии пароканиш ҷой надорад ва ҳама гармие, ки дар мошини электрӣ ба вучуд меояд, барои гармкунии худӣ 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 муътадили худ мерасад, гармии ҳосилшаванда бо пуррагӣ 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

$$\tau_{\text{мув}} = q/(S\lambda) \quad (5.2)$$

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 ҳамаарзиш (эквивалент) ба талафоти таъвоноӣ $\sum P$ мебошад, муайян карда мешавад;

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

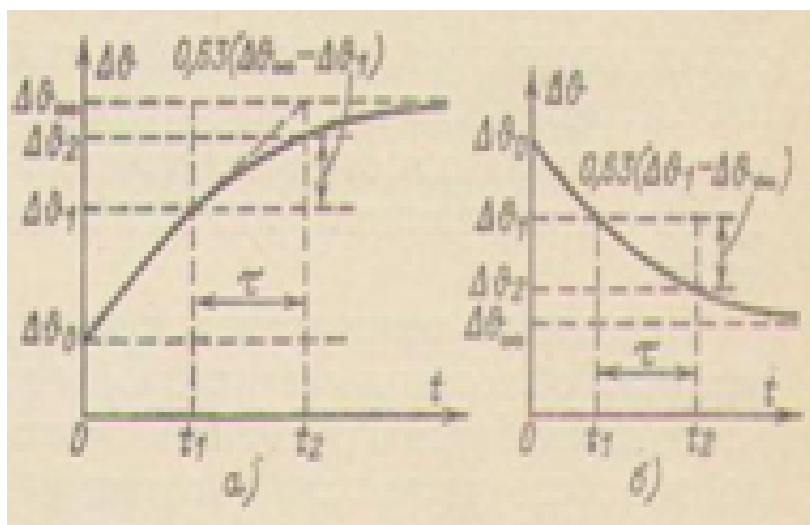
Вобастагии эътидоли ҳарорати мошини электрӣ бо баробарии зерин ифода ёфта метавонад:

$$\tau = \tau_{\text{мув}}(1 - e^{-\tau/T_H}), \quad (5.3)$$

ки дар ин ҷо T_H – доимии вақти гармшавӣ мебошад.

Чадвали гармшавӣ $\tau = f(t)$ намуди хати қачи нигорандаро дорад, ки он гармшавии мошини электро то эътидоли ҳарорати мувозинатӣ дар фосилаи вақти бисёр нишон медиҳад (расми 5.1). Протсессии гармшавӣ дар аввал бо суръати тез ва баъдан, то ҳар чӣ наздиктар ба ҳарорати мувозинатӣ шудан сусттар мегузарад. Аз рӯи нуқтаи назариявӣ ҳарорати мошини электро то бузургии мувозинатии худ намерасад ($\tau = \infty$). Хати тамос аз аввали чадвал гузаронида порчаи хати ростро дар андозаи вақт- T_H 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 рости тамоси аз аввали чадвали гармшавӣ гузаронидашуда бошад. Дар амал эътидоли ҳарорати мошинҳои электро ба қимати мувозинатии худ дар фосилаи вақти $t = (4-5) \cdot T_H$ мерасад.



Расми 5.1. Гармшавӣ (а) ва сардшавии (б)
ҷисми якҷинса

Дар мавриди мошини электро аз кор бозмондан - рафти гармшавии 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 протсесс 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 хунукшавии мошини электрӣ дар расми 5.1, б тасвир шудааст. Ҳамзамон, қабул шудааст, ки пастшавии 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 мебошад. Масалан, ҳар чӣ қадаре, ки доимии вақти мошини электрӣ кам бошад, ҳамон миқдор суръати гармшавии он баланд мегардад.

5.1. Усули содаи ҳисоби гармшавӣ дар речаи муқарраргашта

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 истеҳсолоти мошинҳо истифода мегардад. Он дар асоси қабули фарзияҳои зерин амал менамояд: қабул карда мешавад, ки ҳама талафоти ҳосилшаванда

дар қисми ғаёли пӯлодии статор (ротор) аз масоҳати сардшавандаи силиндрии статор (ротор) ва талафоти қисмҳои лаби печаҳо аз масоҳати сардшавандаи онҳо бароварда мешаванд. Бо дарназардошти ин фарзияҳо бо формулаҳои овардашуда дар алоҳидагӣ ҳарорати гармшавӣ $\Delta\vartheta_1$ -и қисми печаҳое, ки дар тӯли дарозии ғаёли 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:

$$\Delta\vartheta = \frac{\Delta\vartheta_1 \ell_1 + \Delta\vartheta_2 \ell_2}{\ell_1 + \ell_2} \quad (5.4)$$

муайян карда мешавад.

Ҳамин тавр муодилаҳои ҳисоби содаи якори ва печай ангезонандаро низ овардан мумкин аст.

5.2. Ҳисоби содаи ҳарорати печай якори

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

$$\Delta\vartheta_{uz} = \frac{\rho_{\vartheta} \cdot A \cdot J_k \cdot k_f \cdot i \cdot b_{uz}}{\lambda_{uz} \cdot \Pi}, \quad (5.5)$$

ки дар ин ҷо: A – борбасти хатии ротор, А/м ;

J – зичии ҷараён дар печай ротор, А/мм² ;

k_f - коэффитсиенти зиёдшавии талафот дар печа ;

t – тақсимои дандонавӣ, м ;

b_{uz} - ғафсии изолятсия, м;

ρ_{ϑ} - гузаронандагии нисбии мис;

Π – дарозии андозаи ҷӯяки якори, м.

Ҳарорати гармшавии масоҳати берунаи ротор нисбат ба ҳарорати ҳавои сардшаванда истифода аз (5.5) муайян карда мешавад. Пешаки бузургии нисбии сели гармӣ – q_a , Вт/м², ки ба як воҳиди масоҳати силиндрии берунаи якори мувофиқат

менамояд, бо дарназардошти масоҳати сатҳи чӯякҳои вентилятсионии меҳварӣ, муайян карда мешавад:

$$q_a = \frac{\rho_{\vartheta} \cdot A \cdot J_k \cdot k_f}{\left(1 + \frac{m_k \cdot d_k}{D}\right)} + \frac{P_c}{\pi \cdot D \cdot \ell_1 \cdot \left(1 + \frac{m_k \cdot d_k}{D}\right)}, \quad (5.6)$$

ки дар ин ҷо: D – диаметри ротор, м;

m_k – теъдоди чӯякҳои ҳавокашӣ;

d_k – диаметри чӯяки ҳавокашии меҳварӣ, м;

ℓ_1 – дарозии ротор, м.

Дар мавриди ҷой доштани чӯякҳои ҳавокашии радиалӣ

$$n_{\vartheta} \cdot d_{\vartheta} = 0.$$

Коэффитсиенти гармигузаронӣ α_{ϑ} - Вт/(м²·°C) баробар ба:

дар ҳавокашии радиалӣ;

$$\alpha_{\vartheta} = 66 \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta_a), \quad (5.7)$$

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

дар ҳавокашии меҳварӣ;

$$\alpha_{\vartheta} = 22 \cdot (1 + 0,1 \cdot \vartheta_{\text{сеч}}), \quad (5.8)$$

ки дар ин ҷо $\vartheta_{\text{сеч}} = \pi D_{\text{сеч}} n / 60$ суръати кунҷии боддиҳанда, м/с ;

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

Дар ин маврид, ҳарорати гармшавӣ ба:

$$\Delta \vartheta_{\text{мас.а}} = q_a / \alpha_{\vartheta} \quad (5.9)$$

баробар мебошад.

Ҳарорати гармшавӣ дар сатҳи берунаи баромеди печаҳои ротор нисбат ба ҳарорати ҳавои сардкунанда $\Delta \vartheta_{\text{л}}$ бо истифода аз (5.5) муайян кардан мумкин аст. Бузургии нисбии сели гармӣ $q_{\text{л}}$, Вт/м² аз масоҳати берунаи лаби печаҳо мутаносиб ба талафоти дар он мавҷудбуда муайян карда мешавад. Бо дарназардошти он, ки дарозии меҳвари масоҳати берунаи сардшавандаи лаби печаҳо, хурдтар нисбат ба дарозии лаби нимпеч - $\ell_{\text{л}}$ мутаносибан ба $\ell_{\text{л}}/2\ell_{\text{в}}$ аст, ки $\ell_{\text{в}}$ –

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

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

Коэффитсиенти гармигузаронӣ ба:

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

баробар аст, ки дар ин ҷо ϑ - суръати кунҷии якор дар ҳолати ҳавотияки радиалӣ будан ё суръати кунҷии ҳавотияк дар ҳолати ҳавотияки 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 ротор, °C ба:

$$\Delta \vartheta_a = \frac{(\Delta \vartheta_1 + \Delta \vartheta_{\text{мас.а}}) \cdot \ell_1 + \Delta \vartheta_{\pi} \cdot \ell_{\pi}}{\ell_1 + \ell_{\pi}}. \quad (5.10)$$

баробар аст.

5.3. 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 ба 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 печаи ғалтакҳо, ки аз ҳисоби ҷори гаштани ҷараён гарм мешаванд гармии худро бо воситаи изолятсияҳо ба дилакҳо мегузаронанд, баъдан гармӣ аз дилакҳо ба танаи мошин ва аз он ба муҳити беруна баровада мешавад.

Конвексия- механизми гузарониши гармӣ аз ҳисоби со-иш хӯрда гармии ҷисмро бо худ бурдани ҳаво мебошад. Чуноне аз физика маълум аст, ҳавои дорои ҳарорати 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 сардкунӣ табиӣ аз ҳисоби конвексия меноманд. Дар баробари ин тарзи сардкунӣ аз ҳисоби конвексияи сунъӣ низ ҷой дорад, ки вобастагӣ ба гардиши қисми даврзанандаи мошини электрӣ ба амал меояд.

Тарзи сардкунӣ сунъӣ

Ин тарзи сардкунӣ истифода аз қисмҳои махсус, асосан боддиханда, ки ҳавои дохили мошини электрӣро ҷойиваз менамояд, ба амал бароварда мешавад. Дар мошинҳои электрӣ тарзи сардкунӣ сунъӣ асосан бо воситаи вентиляторҳое, ки дар наварди он насб шудааст ба амал бароварда мешавад. Худсардкунӣ бо воситаи боддиханда, метавонад дохила ва беруна бошад, яъне вентилятор метавонад дар дохили мошини электрӣ ва ё дар беруни он ҷойгир шуда бошад. Дар мавриди худсардкунӣ беруна вентилятор танаи мошини электрӣро, ки қирраҳои бисёррӯя дорад, бод дода онро сард менамояд ва гармии дохили мошини электрӣ аз ҳисоби фарқияти бузургии ҳароратӣ мунтазам ба танаи он ва бо бод ба муҳити беруна бароварда мешавад. Дар тарзи худсардкунӣ 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 5.1 оварда шудааст. Ҳавотияке, ки дар наварди мошини электрӣ насб гардидааст, ҳавои берунаро аз тарафи рост қашида вориди танаи мошини электрӣ менамояд ва фишори аэродинамикӣ ба вучуд меоранд, аз ин лиҳоз ҳаво аз қабати танаҳои мошини электрӣ гузашта гармии онҳоро бо худ гирифта ба муҳити беруна, аз тарафи чапи мошини электрӣ мебарорад.

Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ дар мавриди амал намудан мошинаи асинхронӣ он гарм мешавад?
2. Барои чӣ танай мошинаи асинхронӣ аз масолеҳи оҳанини қирадор сохта мешавад?
3. Барои чӣ мошинаи асинхронӣ ҳаракат дорад гармии худро ба берун барорад?
4. Ротори мошинаи асинхронӣ барои чӣ дар мавриди кор кардан гарм мешавад?
5. Барои гарм нашудан ротори мошинаи асинхронӣ чи хусусиятҳоро доро мебошад?
6. Шамолдиҳаки мошинаи асинхронӣ дар кадом қисми он ҷойгир аст?
7. Гардиши ҳаво аз дохили мошинаи асинхронӣ ба берун бароварда мешавад ё ки не, сабабҳои онро фаҳмонед.
8. Сатҳи хунуккунии мошинаи асинхронӣ дар шиносномаи он чӣ тавр нишон дода мешавад?
9. Характеристикаи гашти холиро таҳлил намоед.
10. Ҳавотияки мошинаи асинхронӣ кадом қисми мошиноро хунук мекунад ва барои чӣ?
11. Сабабҳои пайдо шудани гарми дар мошинаҳои асинхронӣ дар чист?
12. Сурати гардиши ҳавотияки мошинаи асинхронӣ ба чанд баробар аст?
13. Хусусиятҳои моддаҳои ферромагнитиро шарҳ диҳед.
14. Ҳавотиякҳои мошинаи асинхронӣ кадом қисми мошиноро бо ҳаво хунук мекунад?