

Teorie výměny tepla v deflegmátorech a kondensátorech

66.3 551.41 : 663.551.417 : 536.24

J. SUKOVATÝ

Objasněním teoretické platnosti funkcí deflegmátorů a kondensátorů v závislosti na extenzivních a intenzivních veličinách na podkladě teoretických výpočtů, přispívá autor ke správnému stanovení velikosti výměnných tepelných ploch deflegmátorů a kondensátorů.

Důležitou částí rektifikačních přístrojů mající vliv na správný chod přístrojů a na nejlepší jakost rektifikátu jsou deflegmátory a kondensátory. Teoretické posuzování funkcí těchto strojních dílů přístrojů je v domácí i zahraniční odborné literatuře popisováno v rozličném podání. Autoři neuvádějí teoretickou platnost funkcí deflegmátorů a kondensátorů v závislosti na všech veličinách, a to jak extenzivních, tak intenzivních. Objasněním těchto závislostí veličin přispějeme ke správnému stanovení velikostí výměnných tepelných ploch deflegmátorů a kondensátorů.

Obecná platnost výměny tepla mezi kondensátem lihových par a vodou je vyjádřena diagramem č. 1.

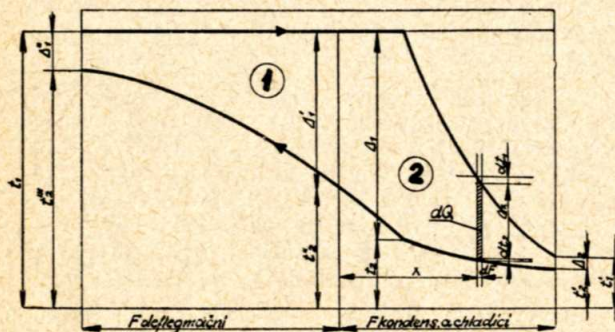


Diagram č. 1.

Z druhé části uvedeného diagramu je patrné, že elementární množství tepla dQ , které přestoupí z kondensátu lihových par do chladicí látky je dáno rovnicí v diferenciálním tvaru

$$1. dQ = dF \cdot \Delta x \cdot K$$

dQ = elementární množství tepla kcal · hod⁻¹

dF = elementární výměnná plocha m²

Δx = tepelný spád v gradech

K = součinitel prostupu tepla kcal · m⁻² · hod⁻¹ · grad⁻¹

Druhou základní rovnicí elementárního množství tepla získáme v závislosti na množství kondensátu a chladicí látky, proudící za časovou jednotku kolem výměnné plochy.

$$2. dQ = G_1 \cdot c_1 \cdot dt_1 = \text{rovnice udávající úbytek tepla kondensátu lihových par}$$

$$dQ = G_2 \cdot c_2 \cdot dt_2 = \text{rovnice udávající přírůstek tepla chladicí látky}$$

G_1 = váhové množství kondensátu lihových par kg
 c_1 = měrné teplo kondensátu lihových par kcal · kg⁻¹ · grad⁻¹

dt_1 = diferenciální změna teploty kondensátu lihových par v gradech

G_2 = váhové množství chladicí látky kg
 c_2 = měrné teplo chladicí látky kcal · kg⁻¹ · grad⁻¹

dt_2 = diferenciální změna teploty chladicí látky v gradech

Počáteční a konečný tepelný spád Δ_1 a Δ_2 podle diagramu rovná se:

$$\Delta_1 = t_1 - t_2$$

$$\Delta_2 = t'_1 - t'_2$$

Δ_1 = konečný tepelný spád

Δ_2 = počáteční tepelný spád

t_1 = počáteční teplota kondensátu lihových par

t'_1 = konečná teplota kondensátu lihových par

t_2 = konečná teplota chladicí látky

t'_2 = počáteční teplota chladicí látky

Pro libovolný elementární tepelný spád ve vzdálenosti x platí

$$3. d\Delta_x = dt_1 - dt_2$$

Z rovnice 2 a 3 získáváme elementární spád ve formě rovnice

$$4. d\Delta_x = dt_1 - dt_2 = -dQ \left(\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2} \right) = -\varphi dQ$$

hodnotu $\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2}$ vyjádřili jsme pro jednodušší

početní postup φ .

Dosadíme-li do odvozené rovnice 4 za elementární množství tepla dQ vztah z rovnice 1 dostáváme vzorec udávající elementární tepelný spád

$$d\Delta_x = -\varphi \cdot dF \cdot \Delta_x \cdot K$$

vhodnou úpravou rovnice pro integraci v mezích počátečního a konečného tepelného spádu Δ_1 a Δ_2 dostáváme

$$\int_{\Delta_1}^{\Delta_2} \frac{d\Delta_x}{\Delta_x} = - \int_0^F \varphi \cdot K \cdot dF \Rightarrow \lg \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = -\varphi K F$$

a po odlogaritmování platí

$$5. \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = e^{-\varphi K F} \Rightarrow \Delta_2 = \Delta_1 \cdot e^{-\varphi K F}$$

Podobně integrací rovnice 4 ve stejných mezích dostáváme

$$6. \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} d\Delta_x = - \int \varphi dQ \Rightarrow \Delta_2 - \Delta_1 = -\varphi Q =$$

$$\Rightarrow \Delta_2 = \Delta_1 - \varphi Q$$

Stejné hodnoty tepelných spádů vyjádřených rovnicemi 5 a 6 spojíme v jedinou rovnici tvaru

$$\Delta_1 e^{-\varphi K F} = \Delta_1 - \varphi Q \Rightarrow \varphi Q = \Delta_1 (1 - e^{-\varphi K F})$$

e = základ přirozených logaritmů 2,718

Dosadíme-li za množství tepla Q odpovídající vztah podle rovnice 2 dostáváme

$$\varphi G_2 c_2 (t_2 - t'_2) = (t_1 - t_2) (1 - e^{-\varphi KF})$$

a po úpravě získáme konečnou teplotu chladicí látky t_2 ve vzorci

$$7. t_2 = \frac{\varphi G_2 c_2 t'_2 + t_1 (1 - e^{-\varphi KF})}{\varphi G_2 c_2 + (1 - e^{-\varphi KF})}$$

Pro všechna obecná označení v rovnici platí veličiny dříve uvedené.

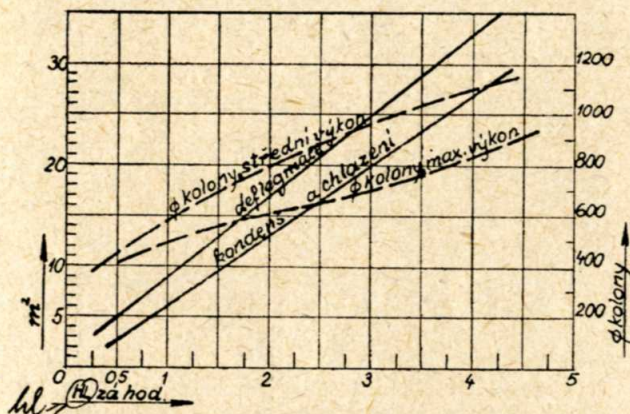


Diagram č. 2.

Tímto jsme stanovili přesně matematicky konečnou teplotu t_2 chladicí látky. Stejným způsobem bychom odvodili konečnou teplotu t'_1 kondensátu lihových par. V praxi počítáme hodnotu t_2 jako počáteční, vstupní teplotu do výměnné plochy kondenzační.

Výměnu tepla mezi lihovými parami a chladicí látkou (vodou nebo záparou) je možno znázornit diagramem č. 1, částí I. Obecně platí pro přestup tepla z lihových par do chladicí látky rovnice 2. ve tvaru

$$Q = G_1 c_1 (t'_2 - t_2)$$

Pro výpočet velikosti deflegmační plochy platí rovnice 1. ve tvaru

$$Q = F \cdot \Delta_s \cdot K$$

v této rovnici je třeba objasnit pouze veličinu Δ_s , která značí střední tepelný spád podél celé plochy a je vyjádřen formulí

$$\Delta_s = \frac{\Delta' - \Delta''}{\lg \frac{\Delta'}{\Delta''}}$$

Množství chladicí látky G_1 je možno přesně stanovit ze vztahu

$$8. G_1 = \frac{i - i_k}{(t'_2 - t_2) c_1}$$

i = tepelný obsah lihových par kcal . kg⁻¹

i_k = tepelný obsah kondensátu v deflegmátoru kcal . kg⁻¹

t'_2 = konečná teplota chladicí látky grad

t_2 = počáteční teplota chladicí látky grad

c_1 = měrné teplo chladicí látky kcal . kg⁻¹ grad⁻¹

Konečnou teplotu chladicí látky t'_2 (vody nebo zápary) je možno stanovit z rovnice 8

$$9. t'_2 = t_2 + \frac{i - i_k}{G_1 c_1}$$

Na podkladě teoretických výpočtů dostáváme přesné hodnoty, které nám v praxi ukazují, jsou-li splněny všechny podmínky pro správný chod rektifikačních přístrojů v závislosti na výměnných tepelných plochách deflegmátorů a kondensátorů.

Na podkladě teoretických výpočtů a praktických platností jest možno závislost veličin pro funkci uváděných strojních dílů rektifikačních přístrojů vyjádřit diagramem č. 2.

Poznámka: Hodnoty K součinitele tepla, viz Horák, Krupka a Šindelář, Technická fyzika, Praha 1954.