

Енерго- та ресурсозбереження в гідро- та пневмосистемах

Практичне заняття № 3

Енергозбереження за рахунок використання регульованого електроприводу

Теоретичні відомості

Зміни напору, подачі і потужності насоса в залежності від числа обертів підкоряються законам подібності, що виражаються наступними залежностями:

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{n_0}{n_1} \quad Q_0 = Q_1 \cdot \frac{n_0}{n_1} \quad Q_1 = Q_0 \cdot \frac{n_1}{n_0}$$
$$\frac{H_0}{H_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 \quad H_0 = H_1 \cdot \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 \quad H_1 = H_0 \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2$$
$$\frac{N_0}{N_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 \quad N_0 = N_1 \cdot \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 \quad N_1 = N_0 \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3$$

Напірна і енергетична характеристика насоса для моделювання найбільш імовірних режимів роботи визначалася як

$$H_0 = a_{n0} + b_{n0} \cdot Q + c_{n0} \cdot Q^2$$

$$N_0 = a_{N0} + b_{N0} \cdot Q + c_{N0} \cdot Q^2$$

При частотному регулюванні

$$H_1 \cdot \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 = a_{n0} + b_{n0} \cdot Q_1 \cdot \frac{n_0}{n_1} + c_{n0} \cdot \left(Q_1 \cdot \frac{n_0}{n_1}\right)^2$$

$$H_1 = a_{n0} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 + b_{n0} \cdot \frac{n_1}{n_0} \cdot Q + c_{n0} \cdot Q^2$$

$$N_1 \cdot \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 = a_{N0} + b_{N0} \cdot Q_1 \cdot \frac{n_0}{n_1} + c_{N0} \cdot \left(Q_1 \cdot \frac{n_0}{n_1}\right)^2$$

$$N_1 = a_{N0} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3 + b_{N0} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 \cdot Q + c_{N0} \cdot \frac{n_1}{n_0} \cdot Q^2$$

Завдання

Визначити річний ефект від застосування частотно-регульованого електроприводу в натуральному і грошовому еквіваленті для насосної станції, добовий графік роботи якої наведено у табл. 1. На насосній станції встановлений насосний агрегат (з номінальною частотою обертання n) напірна та енергетична характеристики якого визначаються залежностями $H=a_H+b_H \cdot Q+c_H \cdot Q^2$ та $N=a_N+b_N \cdot Q+ c_N \cdot Q^2$, де $a_H, b_H, c_H, a_N, b_N, c_N$ константи, що залежать від конструктивного виконання насоса (табл. 2). В якості регулюючого параметра частотно-регульованого електроприводу приймається тиск в напірному трубопроводі $H_{\text{рег}}$ (табл. 2). Насосний агрегат працює Z днів на рік. Вартість електричної енергії прийняти 1,2 грн/кВт·год

Таблиця 1 – Вихідні данні для розрахунку

Т, год	Q, м3/год
1-4	104
5-8	127
9-12	108
13-16	139
17-20	83
21-24	79

Таблиця 2 – Вихідні данні для розрахунку

Варіанта	a_H , м	b_H , м ² ·год	c_H , м ⁵ ·год ²	a_N , кВт	b_N , кВт·год/м ³	c_N , кВт·год ² /м ⁶	$H_{\text{рег}}$, м	n , об/хв	Z , діб
----------	-----------	-----------------------------	--	-------------	--------------------------------	--	----------------------	-------------	-----------

Енергозбереження за рахунок використання регульованого електроприводу

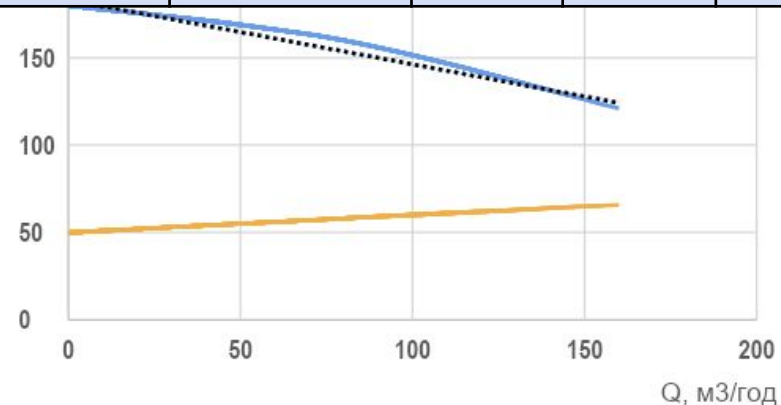
Таблиця – Вихідні данні для розрахунку

T, год	Q, м³/год
1-4	104
5-8	127
9-12	108
13-16	139
17-20	83
21-24	79

Варіант	a_H , м	b_H , м²·год	c_H , м⁵·год²	a_N , кВт	b_N , кВт·год/м³	c_N , кВт·год²/м⁶	$H_{пер}$, м	n , об/хв	Z , діб
1	180	-0,1313	-0,00150	50	0,1026	-0,00002	125	3600	260

1. Будуємо напірну характеристику насосного агрегату
 $H = a_H + b_H \cdot Q + c_H \cdot Q^2$ та $N = a_N + b_N \cdot Q + c_N \cdot Q^2$

2. Визначаємо споживану потужність насосного агрегату на кожному з режимів роботи
 $N_0 = a_{N0} + b_{N0} \cdot Q + c_{N0} \cdot Q^2$



T, год	Q, м³/год	$N_{бр}$
1-4	104	60,454
5-8	127	62,708
9-12	108	60,848
13-16	139	63,875
17-20	83	58,378
21-24	79	57,981
Всього за добу	3840	2185,5

Енергозбереження за рахунок використання регульованого електроприводу

Таблиця – Вихідні данні для розрахунку

T, год	Q, м³/год
1-4	104
5-8	127
9-12	108
13-16	139
17-20	83
21-24	79

Варіант	a_H , м	b_H , м²·год	c_H , м⁵·год²	a_N , кВт	b_N , кВт·год/м³	c_N , кВт·год²/м⁶	$H_{рег}$, м	n , об/хв	Z , діб
1	180	-0,1313	-0,00150	50	0,1026	$a_H - 0,00002 \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2$	$b_H \cdot \frac{n_1}{n_0}$	3600	260

3. Визначаємо необхідну кількість режимів роботи на підтримання постійного тиску в напірному трубопроводі з умови:

$$a_H \cdot n^{*2} + b_H \cdot Q \cdot n^* + c_H \cdot Q^2 - H_{рег} = 0$$

$$n^* = \frac{n_1}{n_0} \quad \text{- відносна частота}$$

$$D = (b_H \cdot Q)^2 - 4 \cdot a_H \cdot (c_H \cdot Q^2 - H_{рег})$$

$$n_{12}^* = \frac{-b_H \cdot Q \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a_H}$$

T, год	Q, м³/год	$N_{бр}$	D	n^*	n
1-4	104	60,454	101868	0,9245	3328
5-8	127	62,708	107697	0,9579	3448
9-12	108	60,848	102798	0,9300	3348
13-16	139	63,875	111200	0,9770	3517
17-20	83	58,378	97559	0,8979	3232
21-24	79	57,981	96848	0,8933	3216
Всього за добу	3840	2185,5			

Енергозбереження за рахунок використання регульованого електроприводу

Таблиця – Вихідні данні для розрахунку

T, год	Q, м³/год
1-4	104
5-8	127
9-12	108
13-16	139
17-20	83
21-24	79

Варіант	$a_{H'}$ м	$b_{H'}$ м²·год	$c_{H'}$ м⁵·год²	$a_{N'}$ кВт	$b_{N'}$ кВт·год/м³	$c_{N'}$ кВт·год²/м⁶	$H_{пер'}$ М	п, об/хв	Z, діб
1	180	-0,1313	-0,00150	50	0,1026	-0,00002	125	3600	260

4. Визначимо насосного агрегату при частотно-регульованого електроприводу

$$N_1 = a_{N0} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3 + b_{N0} \cdot \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2 \cdot Q + c_{N0} \cdot \frac{n_1}{n_0} \cdot Q^2$$

T, год	Q, м³/год	$N_{бр'}$ кВт	D	n^*	п, об/хв	$N_{пер'}$ кВт
1-4	104	60,454	101868	0,9245	3328	48,43
5-8	127	62,708	107697	0,9579	3448	55,596
9-12	108	60,848	102798	0,9300	3348	49,586
13-16	139	63,875	111200	0,9770	3517	59,863
17-20	83	58,378	97559	0,8979	3232	42,937
21-24	79	57,981	96848	0,8933	3216	41,994
Всього за добу	3840	2185,5				1790,4

Енергозбереження за рахунок використання регульованого електроприводу

Таблиця – Вихідні данні для розрахунку

T, год	Q, м³/год
1-4	104
5-8	127
9-12	108
13-16	139
17-20	83
21-24	79

Варіант	$a_{H'}$ м	$b_{H'}$ м²·год	$c_{H'}$ м⁵·год²	$a_{N'}$ кВт	$b_{N'}$ кВт·год/м³	$c_{N'}$ кВт·год²/м⁶	$H_{per'}$ м	n об/хв	Z діб
1	180	-0,1313	-0,00150	50	0,1026	-0,00002	125	3600	260

4. Визначимо річну енергії при за регульованого електроприводу

$$\Delta P = (N_{br} - N_{per}) \cdot Z$$

$$\Delta P = (2185,5 - 1790,4) \cdot 260 = 102707 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

5. Визначимо річну економію електричної енергії в грошовому еквіваленті при застосуванні частотно-регульованого електроприводу

$$\Delta E = \Delta P \cdot \sigma$$

$$\Delta E = 102707 \cdot 1,2 = 123249 \text{ грн}$$

T, год	Q, м³/год	N_{br} , кВт	D	n^*	n , об/хв	N_{per} , кВт
1-4	104	60,454	101868	0,9245	3328	48,43
5-8	127	62,708	107697	0,9579	3448	55,596
9-12	108	60,848	102798	0,9300	3348	49,586
13-16	139	63,875	111200	0,9770	3517	59,863
17-20	83	58,378	97559	0,8979	3232	42,937
21-24	79	57,981	96848	0,8933	3216	41,994
Всього за добу	3840	2185,5				1790,4

Енерго- та ресурсозбереження в гідро- та пневмосистемах

Дякую за увагу!