



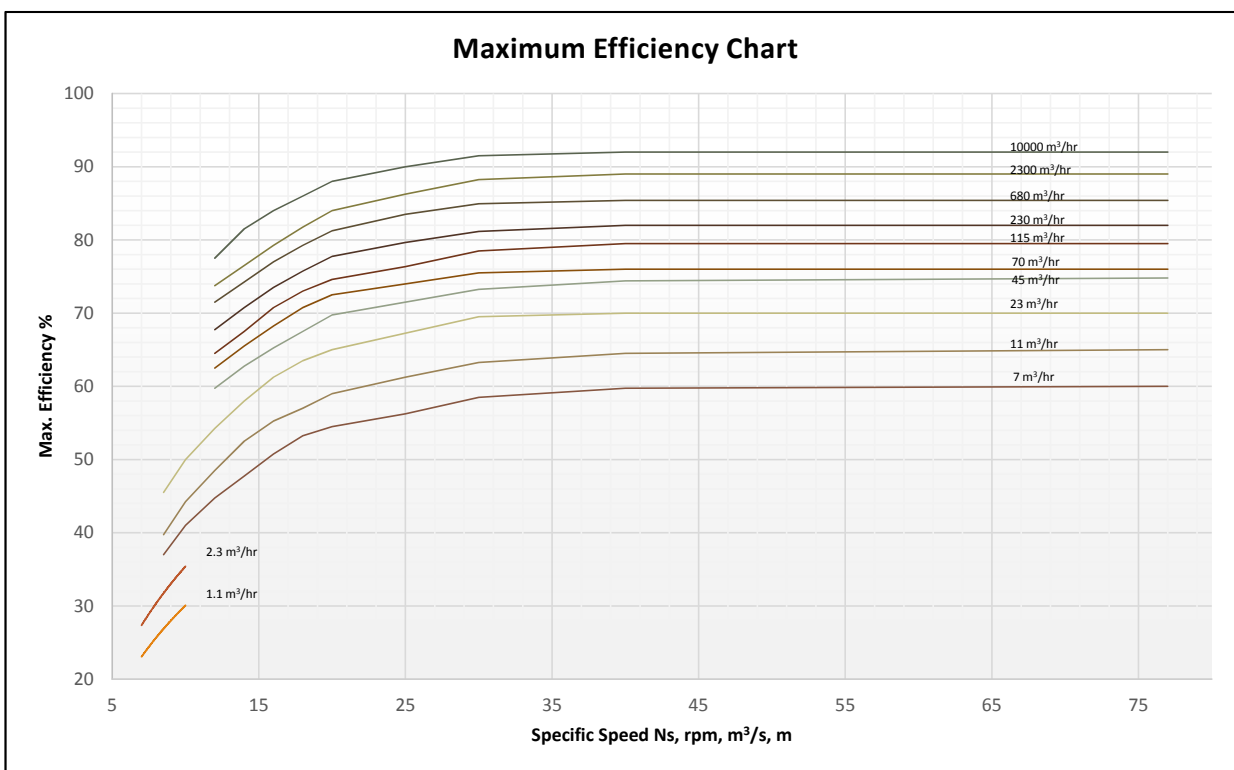
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

ویرایش یازدهم
سال ۲۰۱۰

آموزش استاندارد API 610

گفتار چهارم: راندمان و توان، انتخاب و محاسبه

راندمان پمپ گریز از مرکز



راندمان پمپ گریز از مرکز

مثال: حداکثر راندمان قابل دستیابی در پمپی با دبی ۱۰ متر مکعب بر ساعت و هد ۷۵ متر چقدر خواهد بود؟

حل: در ابتدا تصور می شود دبی و هد درخواستی در نقطه BEP با قطر پروانه ماکزیمم می باشد. سرعت مخصوص را برای پمپ تک طبقه Single Stage و با دور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه محاسبه می کنیم. (در این حالت قطر پروانه حدوداً ۴۵۰ میلیمتر می باشد)

$$n_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{0.75}} = \frac{1450 \times \sqrt{(10/3600)}}{75^{0.75}} \rightarrow n_s = 3$$

مقدار سرعت مخصوص خارج از محدوده می باشد. در صورتی که دور پمپ به ۲۹۰۰ دور بر دقیقه افزایش یابد، سرعت مخصوص برابر با ۶ خواهد شد. که باز هم خارج از محدوده مجاز می باشد. بنابراین بهتر است پمپی با دور ۲۹۰۰ دور بر دقیقه و Multi stage انتخاب شود.

راندمان پمپ گریز از مرکز

برای تعداد طبقات ۲ سرعت مخصوص را محاسبه می کنیم:
در این حالت هد هر طبقه ۳۷,۵ متر خواهد بود و قطر پروانه حدود ۱۶۰ میلیمتر می شود.

$$n_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{0.75}} = \frac{2900 \times \sqrt{(10/3600)}}{37.5^{0.75}} \rightarrow n_s = 10.1$$

سرعت مخصوص در محدوده مجاز می باشد و از نمودار راندمان، بیشینه راندمان قابل دستیابی برابر است با ۴۳ درصد.

معمولا در عمل به دلیل اتلافات مکانیکی در بلبرینگ ها، مکانیکال سیل و سایر اجزا انتقال قدرت و همچنین به دلیل کیفیت ساخت، دستیابی به بیشینه راندمان میسر نیست.

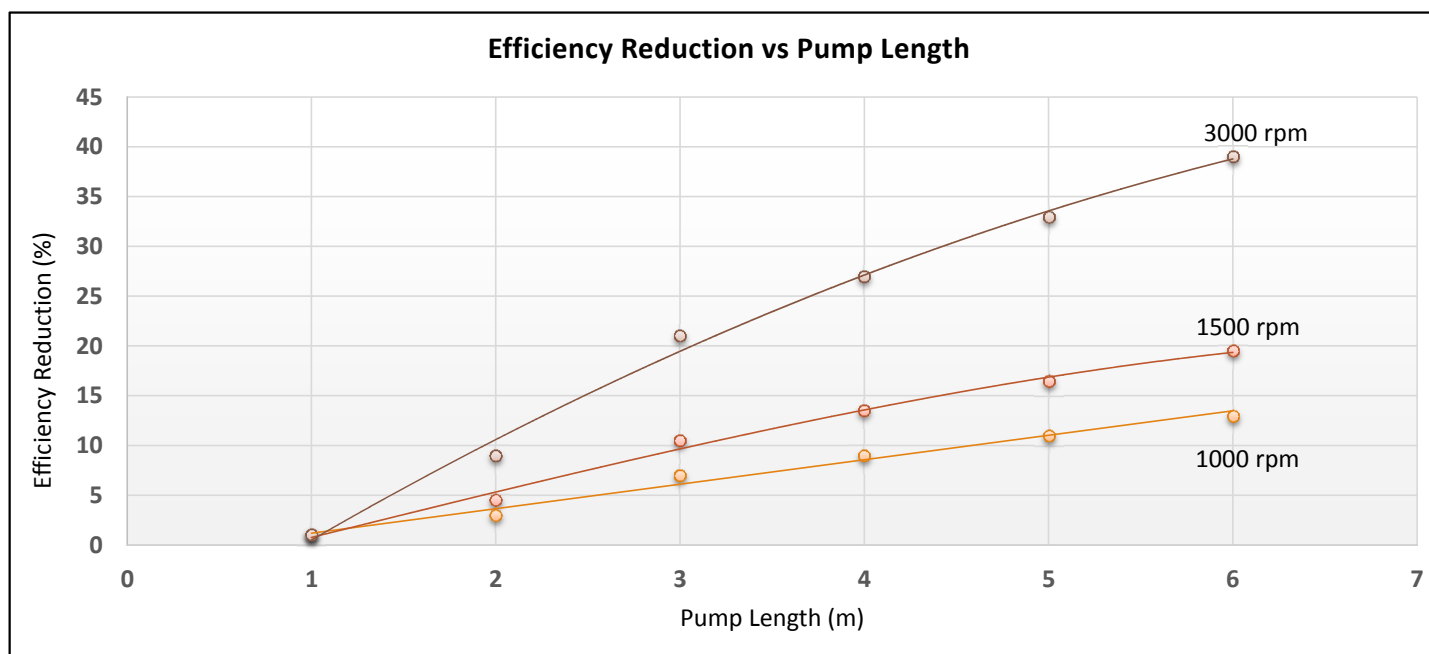
تفاوت بیشینه راندمان با راندمان عملی از ۸ تا ۱۲ درصد متغیر می باشد. درصدهای کمتر برای پمپ های با توان بزرگتر است.

راندمان پمپ گریز از مرکز

سوال:

برای دستیابی به راندمان های بالاتر باید سرعت مخصوص و یا دبی را افزایش داد. چه راهکارهایی پیشنهاد می کنید؟

راندمان پمپ گریز از مرکز (پمپ های VS)



راندمان پمپ گریز از مرکز (پمپ های VS)

مثال: در مثال قبلی در صورتی که پمپ از نوع شفت و غلافی (سری های VS) با طول ۳,۵ متر باشد، بیشینه راندمان قابل دستیابی چقدر خواهد بود؟

حل: در این حالت باید طول پمپ به هد پمپ افزوده شود. یعنی هد پمپاژ در خروجی از حلزونی تقریبا برابر با ۷۹ متر خواهد بود. سرعت مخصوص را مجددا محاسبه می کنیم:

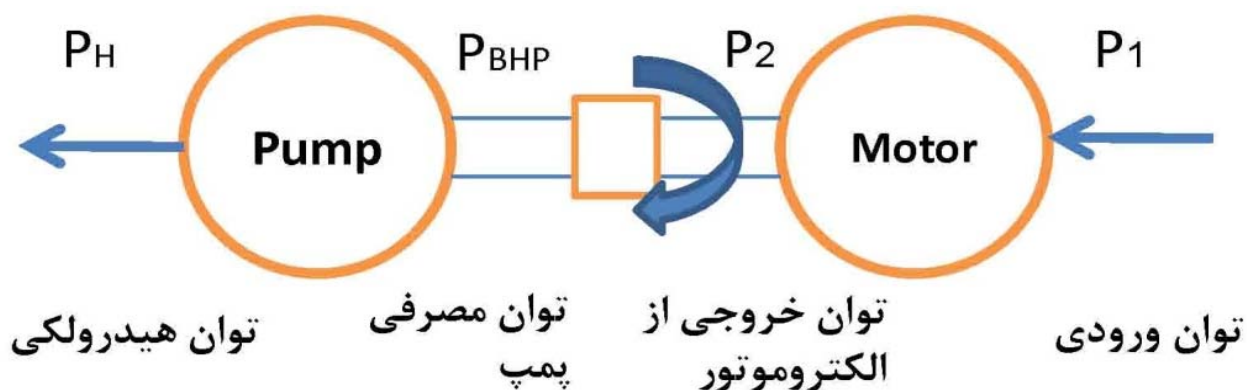
$$n_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{0.75}} = \frac{2900 \times \sqrt{(10/3600)}}{39.5^{0.75}} \rightarrow n_s = 9.7$$

بنابراین بهتر است پمپ ۳ طبقه انتخاب شود. مجددا سرعت مخصوص را محاسبه می کنیم:

$$n_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{0.75}} = \frac{2900 \times \sqrt{(10/3600)}}{26.4^{0.75}} \rightarrow n_s = 13.1$$

در این حالت راندمان بیشینه پمپ بدون اعمال طول محور برابر است با: ۵۰ درصد
با اعمال ضریب ۲۰ درصد برای طول محور راندمان پمپ برابر است با: ۴۰ درصد

محاسبه توان مصرفی



$$P_H = P_{BHP} \cdot \eta_P \quad P_{BHP} = P_2 \cdot \eta_C \quad P_2 = P_1 \cdot \eta_m \quad P_1 = \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi$$

$$P_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad P_{BHP} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_P} \quad P_2 = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_P \cdot \eta_C} \quad P_1 = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_P \cdot \eta_C \cdot \eta_m}$$

محاسبه توان مصرفی

مثال : توان ورودی الکتروموتوری با ولتاژ منبع تغذیه ۳۸۴ ولت، آمپر مصرفی ۲۸ آمپر و ضریب قدرت ۰,۸۹ چند کیلووات می باشد؟

$$P_1 = \sqrt{3} \times 384 \times 28 \times 0.89 \rightarrow P_1 = 16,555 \text{ W} = 16.555 \text{ kW}$$

مثال : در مثال فوق در صورتی که راندمان الکتروموتور ۰,۹۲ باشد، توان مکانیکی خروجی موتور چند کیلووات می باشد؟

$$P_2 = 16.555 \times 0.92 \rightarrow P_2 = 15.23 \text{ kW}$$

η_m راندمان الکتروموتور می باشد و از کاتالوگ سازنده و یا دیتاشیت آن قابل قرائت می باشد.

لازم به توضیح است توان نامی الکتروموتور که در پلاک آن درج می شود، همان ماکزیمم توان خروجی یا ماکزیمم توان مکانیکی قابل استحصال موتور می باشد.

محاسبه توان مصرفی

مثال : در مثال فوق در صورتی که راندمان کوپلینگ ۰,۹ باشد، توان مکانیکی ورودی پمپ چند کیلووات می باشد؟

$$P_{BHP} = 15.23 \times 0.9 \rightarrow P_{BHP} = 13.7 \text{ kW}$$

مثال : توان هیدرولیکی خروجی پمپی با دبی ۱۰۰ متر مکعب بر ساعت و هد ۹۰ متر چند کیلووات است؟ (سیال آب است)

حل: می توان نوشت:

$$P_H = 2.74 \times 100 \times 90 \rightarrow P_H = 24,300 \text{ W} = 24.3 \text{ kW}$$

در مثال فوق در صورتی که توان مصرفی پمپ ۳۵,۳ کیلووات باشد، راندمان پمپ چند درصد است؟

$$P_H = P_{BHP} \cdot \eta_P \rightarrow 24.3 = 35.3 \times \eta_P \rightarrow \eta_P = 0.688 \text{ (68.8\%)}$$

در مثال فوق در صورتی که توان ورودی الکتروموتور ۴۲ کیلووات باشد، راندمان کلی الکتروپمپ چند درصد است؟

محاسبه حداقل توان مورد نیاز موتور

– مطابق بند ۷،۱،۱، موتور باید به نحوی سائز شود که بیشینه شرایط کاری مشخص شده، شامل بیرینگ ها، مکانیکال سیل، گیر بکس، و اتلافات کوپلینگ (هرکدام که کاربرد داشته باشد) را پوشش دهد و باید در تطابق با کاربرد فنی مشخص شده در استعلام و مدارک خرید باشد. موتور باید مناسب برای کارکرد در شرایط سایت مشخص شده باشد.

– مطابق بند ۷،۱،۴ توان در شرایط کاری نباید از توان نامی موتور تجاوز نماید. بر طبق این بند حداقل توان موتور نباید کمتر از ۴ کیلووات باشد. (این بند در ویرایش یازدهم افزوده شده است).

$$P_{Motor.Min} = F_s \times P_{BHP}$$

Table 12 — Power ratings for motor drives

Motor nameplate rating		Percentage of rated pump power
kW	hp	%
< 22	< 30	125
22 to 55	30 to 75	115
> 55	> 75	110

کاهش توان قابل استحصال الکتروموتور

- تجهیزات برقی (مانند الکتروموتورها) در شرایط استاندارد، برای ارتفاع از سطح دریا کمتر از ۱۰۰۰ متر و برای دمای محیط کمتر از ۴۰ درجه سانتیگراد طراحی می شوند.

- اگر ارتفاع از سطح دریا در محل نصب الکتروموتور بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد و یا اگر دمای محیط نصب الکتروموتور بیشتر از ۴۰ درجه سانتیگراد باشد، خنک کاری الکتروموتور با مشکل مواجه می شود و در این شرایط توان قابل استحصال موتور کاهش می یابد.

$$P_{Motor.Max.Output} = F_T \times F_A \times P_{Motor.Name Plate}$$

Ambient Temperature °C				
	≤ 40	45	50	55
F_T	1.00	0.96	0.92	0.85

Altitude Above Sea Level (m)				
	≤ 1000	1500	2000	3000
F_A	1.00	0.97	0.96	0.84

محاسبه و انتخاب موتور الکتریکی

- مثال: حداقل توان نامی مورد نیاز برای پمپی با توان جذبی ۳۲,۷ کیلووات که در ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا نصب می شود، چقدر می باشد؟ دمای بیشینه محیط ۵۲ درجه و موتور از نوع ضد انفجار با کلاس انفجاری EExde IIC T4 می باشد.

حل : از جدول شماره ۱۲ استاندارد API 610 ویرایش یازدهم، ضریب ایمنی توان موتور ۱۱۵ درصد می باشد. لذا می توان نوشت:

$$P_{Motor.Min} = F_s \times P_{BHP}$$

$$P_{Motor.Min} = 1.15 \times 32.7 = 37.61 \text{ kW}$$

حداقل توان نامی موتور می بایست ۳۷,۶۱ کیلووات باشد. اما باید توان های استاندارد موتورها را دانست تا توان استاندارد را انتخاب نمود.

محاسبه و انتخاب موتور الکتریکی

Standard Name plate Power

Safe area, EEXde II C T4, EExnA II T3 motors

kW	hp	kW	hp	kW	hp
0.75	1	11	15	75	100
1.1	1.5	15	20	90	125
1.5	2	18.5	25	110	150
2.2	3	22	30	132	175
3	4	30	40	160	220
4	5.5	37	50	200	270
5.5	7.5	45	60	250	340
7.5	10	55	75	315	430

EExe II T3 motors

kW	Frame	kW	Frame	kW	Frame
0.75	80 K	5.5	132 SX	36	250 M
1.1	80 G	7.5	160 M	47	280 S
1.3	90 S	10	160 MX	58	280 M
1.85	90 L	12.5	160 L	68	315 S
2.5	100 L	15	180 M	76	280 M
3.3	112 M	20	200 L	80	315 M
4.1	112 MX	24	200 LX	110	315 MY
4.6	132 S	28	225 M		

محاسبه و انتخاب موتور الکتریکی

- توان الکتروموتور ۴۵ کیلووات در شرایط استاندارد، انتخاب می گردد. توان قابل استحصال موتور بررسی می شود:
- با میانمایی خطی، ضریب ارتفاع از سطح دریا برابر با ۰,۹۶۵ و ضریب دمای محیط ۰,۹۰۶ بدست می آید.
- توان قابل استحصال موتور ۴۵ کیلووات که در شرایط استاندارد طراحی شده است، در شرایط کاری ۱۷۵۰ متر از سطح دریا و ۵۲ درجه دمای محیط برابر است با:

$$P_{Motor.Max.Output} = F_T \times F_A \times P_{Motor.Name Plate}$$

$$P_{Motor.Max.Output} = 0.906 \times 0.965 \times 45.0 = 39.34 \text{ kW} > 37.61 \text{ kW}$$

- پس الکتروموتور ۴۵ کیلووات با طراحی استاندارد مناسب می باشد.