

برای سائیزینگ دقیق مدار هیدرولیک بالابر صنعتی، فرض‌های مهندسی زیر بر اساس استانداردهای صنعت و ضوابط ISO 4413 در نظر گرفته شده‌اند:

۱. فرضیات پایه سیستم (System Assumptions)

- نیروی مورد نیاز (F): 10,000 (معادل حدود ۱ تن بار کاری)
- سرعت چک (v): 0.01 m/s (10 cm/s)
- کورس چک (L): 1,000 mm (1 m)
- چرخه کاری (Duty Cycle): ۵۰٪ (مثلاً ۳۰ ثانیه بالا رفتن، ۳۰ ثانیه پایین آمدن و استراحت)
- فشار نامی مدار (P_{system}): 100 bar (10 MPa) جهت ابعاد بهینه تجهیزات
- راندمان مکانیکی چک (η_m): ۹۰٪ (تلفات اصطکاک آببندها)
- سرعت الکتروموتور (n): 1450 RPM (موتور استاندارد ۴ قطب 50 Hz)

۲. سائیزینگ سیلندر و دبی پمپ

الف) محاسبه قطر سیلندر (Bore Diameter)

نیروی تئوریک مورد نیاز با احتساب راندمان:

$$F_{ht} = \frac{F}{\eta_m} = \frac{10,000}{0.90} \approx 11,111$$

سطح مقطع چک:

$$A = \frac{F_{ht}}{P_{system}} = \frac{11,111}{100 \times 10^5 \text{ Pa}} = 1.111 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 11.11 \text{ cm}^2$$

قطر سیلندر محاسبه شده:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 11.11}{\pi}} = 3.76 \text{ cm} = 37.6 \text{ mm}$$

- انتخاب استاندارد ISO 6020: قطر سیلندر استاندارد $D = 40 \text{ mm}$ ($A_{act} = 12.57 \text{ cm}^2$) انتخاب می‌شود.

- فشار کاری واقعی: $P_{act} = \frac{11,111}{12.57 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \approx 88.4 \text{ bar}$

ب) دبی جریان مورد نیاز (Q)

$$Q = A_{act} \times v = 12.57 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 0.01 \text{ m/s} = 1.257 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 7.54 \text{ L/min}$$

با احتساب ۱۰٪ تلفات حجمی و نشتی‌ها، دبی نامی مدار برابر با $Q_{nom} = 8.5 \text{ L/min}$ تعیین می‌شود.

ج) حجم جابجایی پمپ (Pump Displacement)

با فرض استفاده از پمپ دنده‌ای (Gear Pump) با راندمان حجمی $\eta_v = 92\%$:

$$V_d = \frac{Q_{nom}}{n \times \eta_v} = \frac{8.5 \times 1000}{1450 \times 0.92} = 6.37 m^3 / rev$$

- انتخاب پمپ استاندارد: پمپ دنده‌ای با حجم جابجایی $V_d = 6.37 m^3 / rev$ یا $6.37 m^3 / rev$.

۳. مشخصات شیرآلات و آکومولاتور

- شیر اطمینان فشار (Pressure Relief Valve): تنظیم روی 120 bar (۱/۲ برابر فشار حداکثر بر اساس ISO 4413).
- شیر کنترل جهت (Directional Control Valve): شیر 4/3 با فرمان وسط باز یا Tandem (سایز 6CETOP 03 / NG) با سایز دبی حداقل $L15/min$.
- شیر فیلکن هیدرولیک (heck Valve Pilot Operated C): جهت جلوگیری از سقوط بار در هنگام قطع برق (الزامات ایمنی ISO 4413).
- آکومولاتور (Accumulator): به دلیل کوتاه بودن چرخه و دبی پایین، نیازی به آکومولاتور اصلی نیست؛ اما یک آکومولاتور دیافراگمی کوچک $0.5 L$ (فشار شارژ 60 bar) جهت جذب ضربات قوچ (Hydraulic Shock) پیشنهاد می‌شود.

۴. محاسبات حرارتی و خنک‌کننده (Heat Generation & Cooler)

تلفات توان هیدرولیکی به عنوان حرارت در مدار (با فرض راندمان کلی سیستم $\eta_{sys} = 0.75$):

الف) توان ورودی الکتروموتور:

$$P_{in} = \frac{P_{act} \times Q_{nom}}{600 \times \eta_{sys}} = \frac{88.4 \times 8.5}{600 \times 0.75} = 1.67 \text{ kW}$$

ب) نرخ تولید حرارت (H_{gen}):

$$H_{gen} = P_{in} \times (1 - \eta_{sys}) = 1.67 \text{ kW} \times 0.25 = 0.417 \text{ kW} = 417 \text{ W}$$

با در نظر گرفتن چرخه کاری ۵۰٪:

$$H_{avg} = 417 \text{ W} \times 0.50 = 208.5 \text{ W}$$

ج) دفع حرارت طبیعی از مخزن (Natural Dissipation):

حجم مخزن بر اساس استاندارد ISO 4413 (۳ برابر دبی پمپ): $V_{tank} \approx 30 \text{ Liters}$.

سطح موثر دفع حرارت مخزن تقریبی: $A_{tank} \approx 1.2 m^2$.

$$H_{diss} = h \times A_{tank} \times (T_{oil} - T_{amb})$$

با فرض ضریب انتقال حرارت $h = 15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ، دمای محیط 30°C و دمای کاری مجاز روغن 55°C ($\Delta T = 25^\circ \text{C}$):

$$H_{diss} = 15 \times 1.2 \times 25 = 450 \text{ W}$$

نتیجه ارزیابی حرارتی: از آنجا که نرخ دفع حرارت طبیعی مخزن ($W450$) از میانگین حرارت تولیدی سیستم ($208.W5$) بیشتر است، سیستم به خنک‌کننده مجزا (مبدل حرارتی) نیاز ندارد.

۵. الزامات کلیدی استاندارد ISO 4413

1. شیر اطمینان: باید مستقیماً بین خروجی پمپ و خط برگشت مخزن نصب شود و قابلیت پلمپ داشته باشد.
2. فیلتراسیون: نصب فیلتر خط برگشت با دقت ۱۰ میکرون ($\text{m}\mu\text{l}, 10$) و نشانگر گرفتگی.
3. ایمنی سقوط پار: استفاده از شیر کنترل سرعت (Flow Control Valve) از نوع جبران‌کننده فشار در مسیر خروجی جک.