

روابط هد-جریان اجزاء شبکه

■ لوله‌ها

- افت هد اصلی

$$h_{ij} = H_i - H_j = R_{ij} Q_{ij}^n \quad \text{or} \quad Q_{ij} = \left(\frac{|H_i - H_j|}{R_{ij}} \right)^{\frac{1}{n}} \text{sgn}(H_i - H_j)$$

بر اساس رابطه هیزن-ویلیامز:

$$R_{ij} = \frac{\alpha \cdot L_{ij}}{C_{HW_{ij}}^{1.852} \cdot D_{ij}^{4.87}} ; n = 1.852 ; \alpha = 10.675 : SI$$

بر اساس رابطه دارسی-ویسباخ:

$$R_{ij} = \frac{f_{ij} \cdot L_{ij}}{2g \cdot A_{ij}^2 D_{ij}} = \frac{8f_{ij} \cdot L_{ij}}{\pi^2 \cdot D_{ij}^5 g} = \frac{f_{ij} \cdot L_{ij}}{12.1 D_{ij}^5} ; n = 2$$

- افت موضعی

$$h_m = K_m \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{8K_m}{\pi^2 g D^4} \right) Q^2$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

معمولا افت‌های موضعی را به طول معادل تبدیل می‌کنیم.

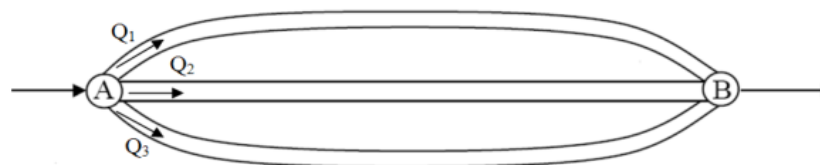
روابط هد-جریان اجزاء شبکه

■ لوله‌های سری



I_p : مجموعه لوله‌های موجود در سیستم

■ لوله‌های موازی



M_p : مجموعه لوله‌های موجود در سیستم

$$h_L = \sum_{i \in I_p} h_{L,i} = \sum_{i \in I_p} R_i Q^n$$

$$h_L = R_e Q^n$$

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots = \sum_{i \in I_p} R_i$$

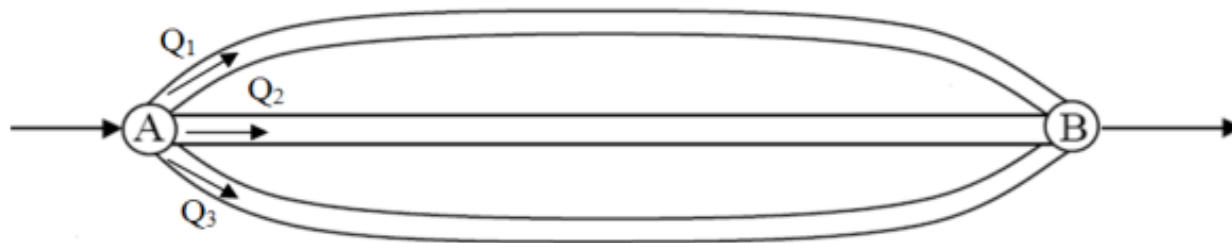
$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots = \sum_{m \in M_p} Q_m$$

$$Q = \left(\frac{h_{L,1}}{R_1} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{h_{L,2}}{R_2} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{h_{L,3}}{R_3} \right)^{\frac{1}{n}} + \dots$$

$$Q = h_L^{\frac{1}{n}} \left[\left(\frac{1}{R_1} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{1}{R_2} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{1}{R_3} \right)^{\frac{1}{n}} + \dots \right] = h_L^{\frac{1}{n}} \sum_{m \in M_p} \left(\frac{1}{R_m} \right)^{\frac{1}{n}} = h_L^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{R_e} \right)^{\frac{1}{n}}$$

روابط هد-جریان اجزاء شبکه

■ لوله‌های موازی



$$Q = h_L^{\frac{1}{n}} \left[\left(\frac{1}{R_1} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{1}{R_2} \right)^{\frac{1}{n}} + \left(\frac{1}{R_3} \right)^{\frac{1}{n}} + \dots \right] = h_L^{\frac{1}{n}} \sum_{m \in M_p} \left(\frac{1}{R_m} \right)^{\frac{1}{n}} = h_L^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{R_e} \right)^{\frac{1}{n}}$$

M_p : مجموعه لوله‌های موجود در سیستم

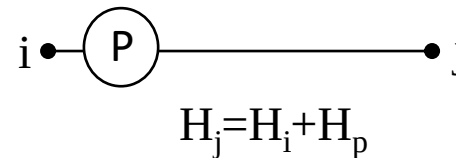
$$\sum_{m \in M_p} \left(\frac{1}{R_m} \right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{1}{R_e} \right)^{\frac{1}{n}}$$

■ پمپ

$$H_p = H_j - H_i = A_p Q_p^2 + B_p Q_p + C_p$$

or

$$Q_p = \frac{-B_p \pm (B_p^2 - 4A_p[C_p - (H_j - H_i)])^{0.5}}{2A_p}$$



در صورتیکه رابطه فوق ریشه حقیقی نداشته باشد، $Q=0$ در نظر گرفته می‌شود.

گاهی اوقات منحنی مشخصه پمپ بصورت مقابل نوشته می‌شود:

$$h_p = a - Q_p^b$$

■ شیرها

- شیر یک طرفه (Non Return Valve (NRV):

$$Q_{ij} = \left(\frac{H_i - H_j}{R_{ij}} \right)^{\frac{1}{n}} ; \quad \text{if } H_i \geq H_j$$
$$Q_{ij} = 0 ; \quad \text{if } H_i < H_j$$

- شیر فشار شکن (Pressure Reducing Valve (PRV):

این شیرها باعث ایجاد فشار خروجی ثابت به ازاء مقادیر فشار ورودی بالاتر از مقدار تنظیم شده در آن می‌شود. با فرض اینکه شیر فشارشکن در مجاورت گره i در نظر گرفته شود، معادلات هد-جریان شیر بصورت زیر است:

$$1) \quad Q_{ij} = \left(\frac{|H_{prv} - H_j|}{R_{ij}} \right)^{\frac{1}{n}} ; \quad \text{if } H_j \leq H_{prv} \leq H_i$$

حالت (۱) فشار خروجی H_{prv} است.

$$2) \quad Q_{ij} = \left(\frac{H_i - H_j}{R_{ij} + R_{prv}} \right)^{\frac{1}{n}} ; \quad \text{if } H_j < H_i < H_{prv}$$

حالت (۲) شیر تنها افت موضعی ایجاد می‌کند و

$$3) \quad Q_{ij} = 0 ; \quad \text{if } H_j \geq H_{prv}$$

تاثیری بر کاهش فشار پایین‌دست ندارد.

حالت (۳) مثل شیر یک‌طرفه عمل می‌کند و از عبور جریان معکوس جلوگیری می‌کند.

روابط هد-جریان اجزاء شبکه

■ شیرها

- شیر کنترل جریان (FCV): Flow Control Valve

یا شیر قطع و وصل جریان

$$Q_{ij} = K_v \left(\frac{|H_i - H_j|}{R_{ij}} \right)^{\frac{1}{n}} \text{sgn}(H_i - H_j)$$

K_v پارامتر پیوسته کنترل شیر است که $0 \leq K_v \leq 1$

انواع شیرها



شیر کشویی



شیر پروانه‌ای



شیر یک‌طرفه



شیر هوا

- شیرهای قطع و وصل جریان
 - شیرهای کشویی
 - شیرهای پروانه‌ای
- شیرهای یک‌طرفه
- شیرهای هوا
- شیرهای تخلیه
- شیرهای آتش‌نشانی
- شیرهای کنترل خودکار
 - شیرهای فشارشکن
 - شیرهای نگه‌دارنده فشار
 - شیر اطمینان
 - شیرهای کنترل دبی
 - شیر کنترل ارتفاع
 - شیر کنترل سطح آب مخزن
 - شیر کنترل پمپ

انواع شیرهای کنترل خودکار



شیر فشار شکن



شیر نگه دارنده فشار



شیر اطمینان



شیر کنترل دبی



شیر کنترل سطح آب مخزن



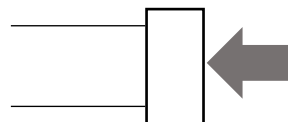
شیر کنترل پمپ

گروه اصلی شیر

نمایش حرکت قطعه متحرک

نوع شیر

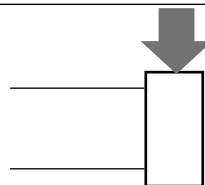
انسداد محوری



شیر بشقابی

شیر پیستونی

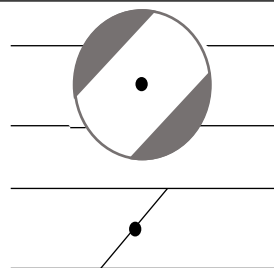
کشویی



شیر دروازه‌ای موازی

شیر دروازه‌ای گوه‌ای

گردان

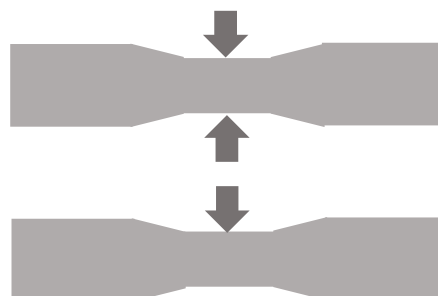


شیر توپی یا

شیر کروی

شیر پروانه‌ای

بدنه انعطافی



شیر فشردنی

شیر دیافراگمی

تحلیل هیدرولیکی سامانه‌های آبرسانی

■ تحلیل هیدرولیکی شبکه می‌تواند بصورت (۱) ماندگار و (۲) غیرماندگار انجام شود.

قوانین پایه شبکه لوله‌ها

■ قانون پیوستگی: برای هر گره شبکه:

$$\left(\sum_{ij \in IJ_j} Q_{ij} \right)_{in} - \left(\sum_{ij \in IJ_j} Q_{ij} \right)_{out} = Q_j \quad ; \quad \forall j = 1, 2, \dots, NJ$$

IJ_j : نماینده تمام لوله‌های متصل به گره j

NJ : تعداد گره‌ها در کل شبکه، Q_j : میزان برداشت از گره j

■ قانون بقای انرژی: مجموع افت هد در درون یک حلقه شبکه باید برابر صفر باشد: $\sum_{ij \in IJ_L} h_{ij} = 0 ; \quad L = 1, 2, \dots, NL$

IJ_L : لوله‌های حلقه L ، NL : تعداد حلقه‌ها

در طول هر مسیر: $\sum_{ij \in IJ_R} h_{ij} = h_R ; \quad R = 1, 2, \dots, NRR$

h_R : مجموع افت‌ها در طول مسیر R ؛ IJ_R : تعداد لوله‌های مسیر R ؛ NRR : تعداد مسیرها

تحلیل هیدرولیکی سامانه‌های آبرسانی

- نکته ۱: در صورتیکه شبکه مورد بررسی دارای m ($m > 1$) گره با هد ثابت باشد، آنگاه به تعداد $m-1$ معادله با عنوان معادلات حلقه‌های مجازی به معادلات حلقه افزوده می‌شود. این معادلات برای مسیرهایی که در دو انتهای آنها، دو گره با هد ثابت قرار دارند، تشکیل می‌شوند.
- نکته ۲: برای نوشتن معادلات حلقه باید یک جهت فرضی مثبت (مثلا جهت عقربه‌های ساعت) در نظر گرفته شود.

معادلات حاکم بر شبکه

در تحلیل شبکه‌های توزیع آب، با استفاده از معادلات پایه، اغلب ۵ دسته متفاوت معادلات (یا پنج دسته متغیر مجهول مختلف) مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- معادلات جریان (معادلات Q)
- معادلات گره‌ای (معادلات H)
- معادلات حلقه (معادلات ΔQ)
- معادلات ΔH
- معادلات $H-Q$

