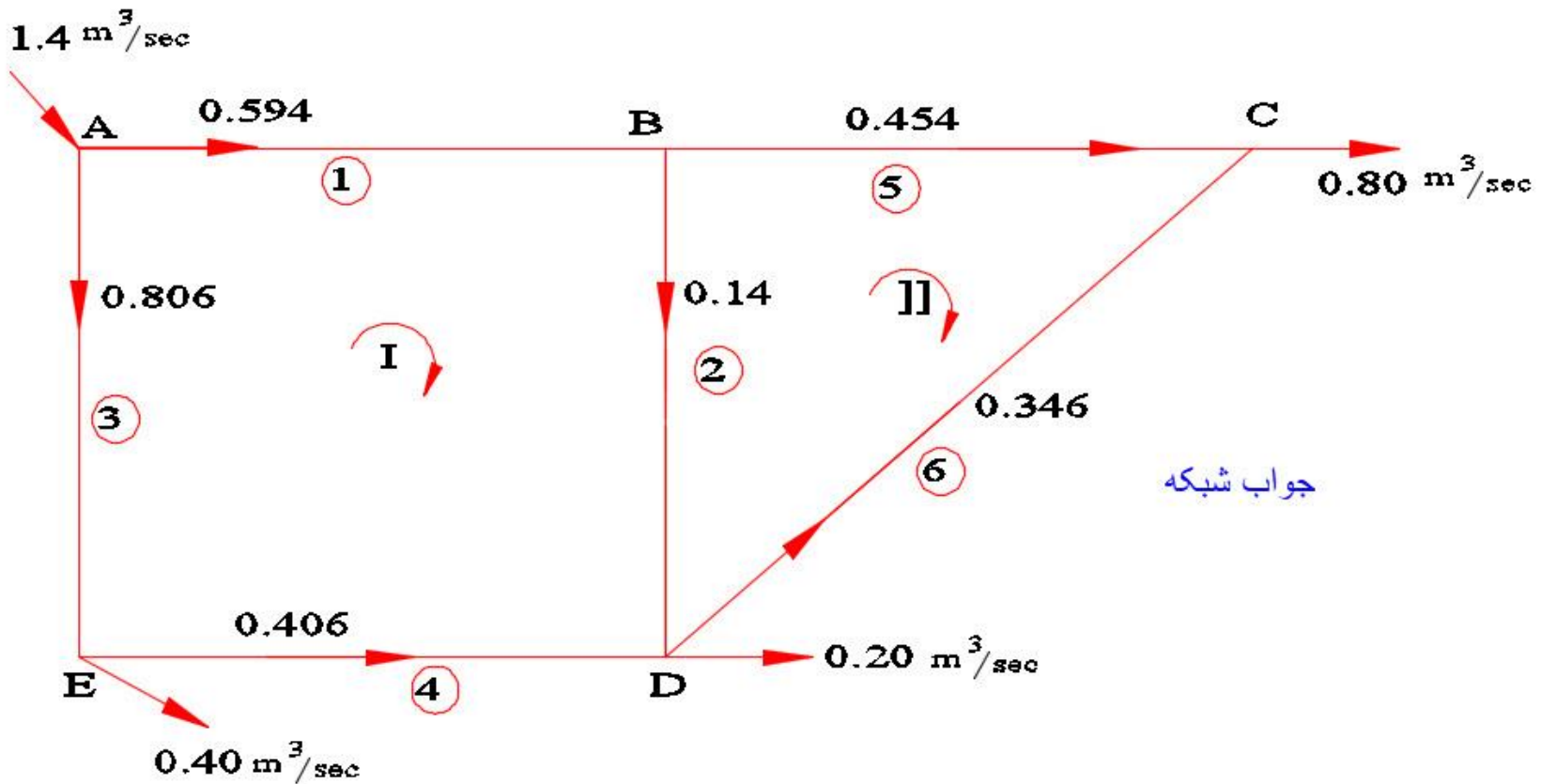


مفهوم کامل طرح و محاسبه شبکه های آبرسانی شهری

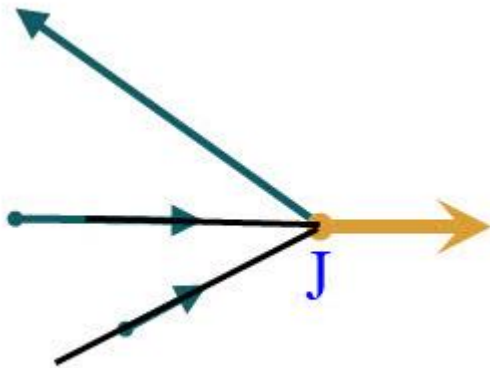
The complete concept of design and calculation of water transportation city networks

روش هاردی کراس



روش هاردی کراس

برای درک صحیح روش هاردی کراس باید به گره ها توجه بیشتری شود
خروج از گره مثبت و ورود به گره منفی



$$\sum Q_{out} - \sum Q_{in} = C$$

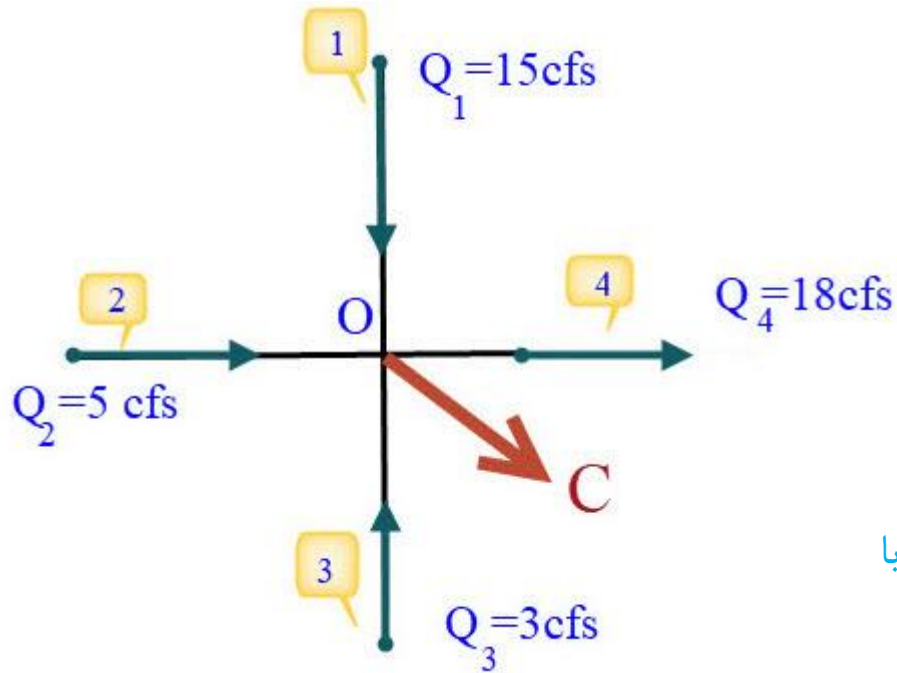
C دبی خارجی در محل گره که معمولاً به اسم **مصرف** و یا **تامین** نامیده می شود

جریان به سمت محل گره J **مصرف** $C > 0$

جریان به سمت خارج محل گره J **تامین** $C < 0$

اگر $C = 0$ صفر شود شبکه بالانس است قانون پیوستگی اجراء شده است.

مثال ۱

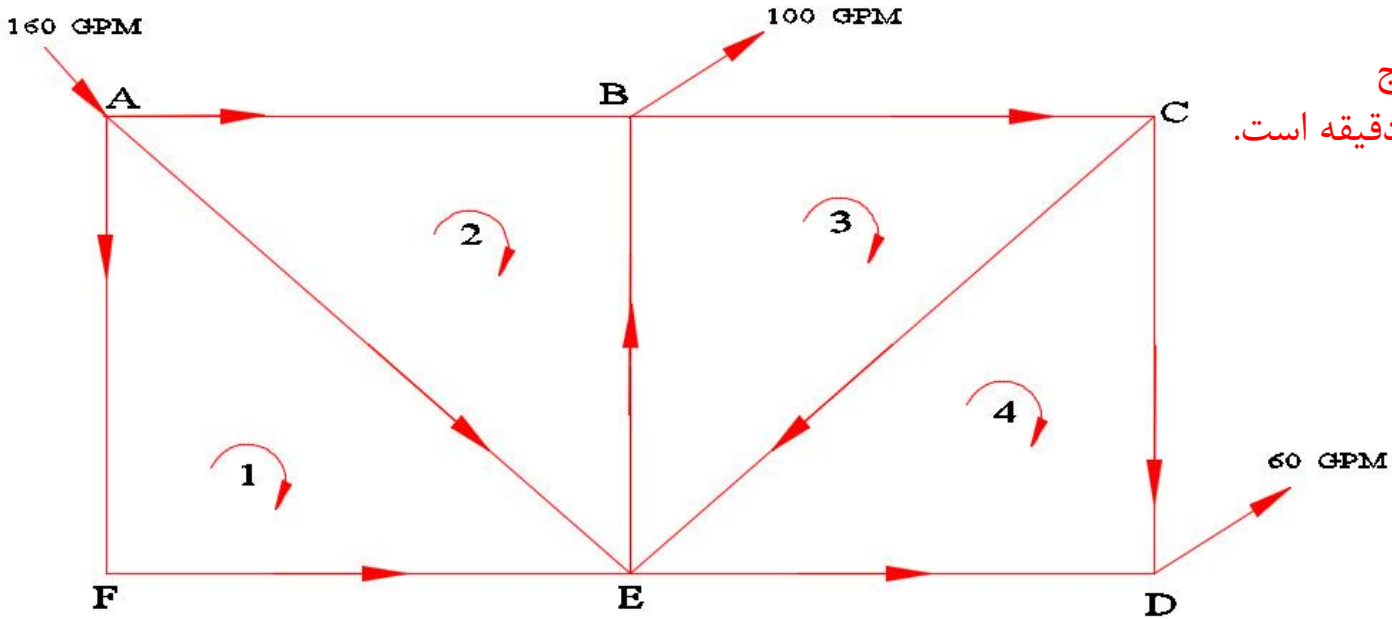


$$\sum Q_o - \sum Q_i = C$$
$$+18 - 15 - 5 - 3 = C$$
$$C = -5 \text{ تامین}$$

پس معادلات خطی طبق قانون پیوستگی برابر است با

$$\sum Q_{out} = \sum Q_{in}$$

می خواهیم معادلات حاکم برای این شبکه را بنویسیم



طبق قانون پیوستگی ورود و خروج آب از شبکه همان ۱۶۰ گالن در دقیقه است.

شکل بالا یک شبکه متوسط است

$$9 = (6 - 1) + 4$$

$$N = (j - 1) + L$$

← پس

۱- سیستم چهار حلقه دارد.... L

۲- سیستم شش گره دارد..... J

۳- سیستم نه لوله دارد..... N

۱- معادله هد (یا اصل انرژی)

۲- معادله پیوستگی

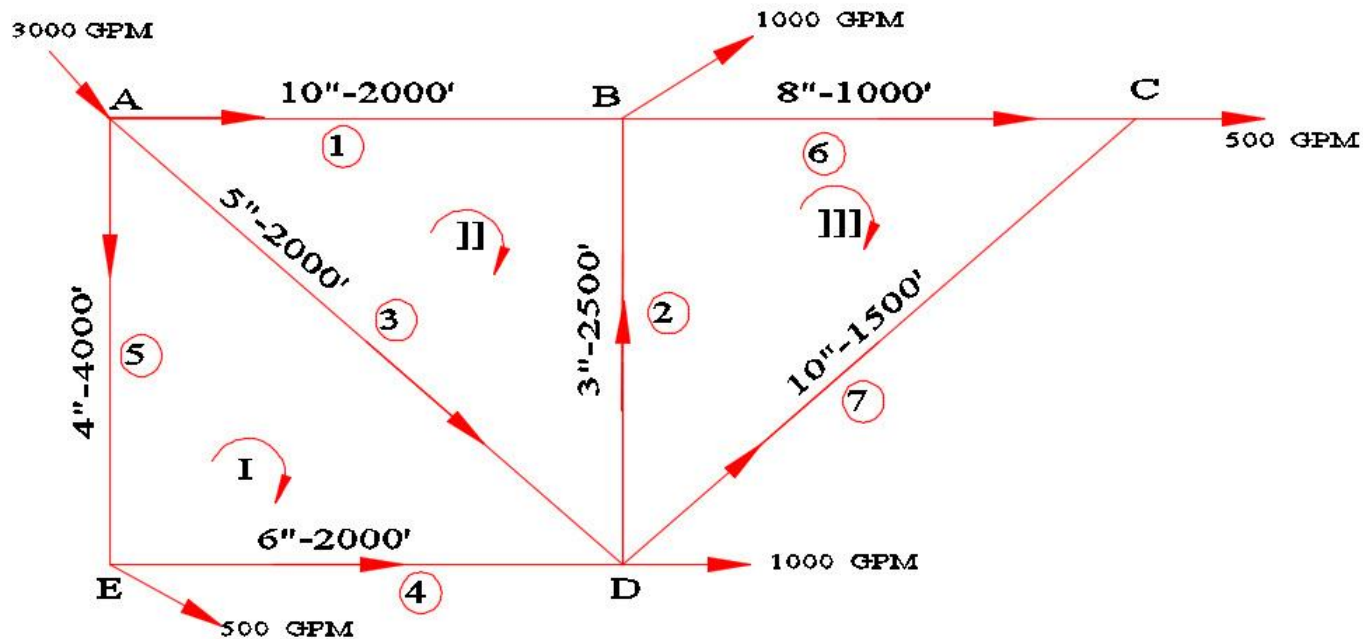
← برای حل شبکه باید

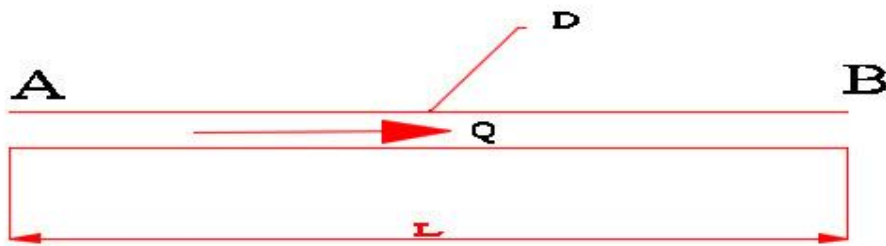
از چهار حلقه چهار معادله هد بیرون می آید
 از گره ها ۵ معادله پیوستگی بدست می آید ← ۹ معادله ۹ مجهول

چهار معادله انرژی یا هد، غیر خطی است؛ یعنی درجه دوم است $Q^{1.852}$ و یا Q^2

۵ معادله دیگر به صورت خطی است؛ یعنی مثل $Q_1 + Q_2 = -Q_3 + Q_4$
 حل معادلات طبق قوانین مخصوص خودش باید انجام شود

برای حل شبکه، مثال زیر را حل می کنیم





معادله انرژی یا معادله هد (Head Lost) چیست

اگر آب از نقطه A به B حرکت کند مقدار انرژی به خاطر ناهمواری های سطح لوله از دست می دهد به اصطلاح افت فشار پیدا می کند

این معادله هد بستگی دارد به سرعت آب، قطر لوله؛ طول لوله و به ضریب اصطکاک، که به آن معادله دارسی ویسباخ می گویند

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

$Q = A V$ دبی جریان

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 V$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{\left[\frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} \right]^2}{2g}$$

$$h_f = f \frac{8L}{D^5 \pi^2 g} Q^2$$

پس

h_f بر حسب m

L بر حسب m

D بر حسب m

V بر حسب $\frac{m}{sec}$

f ضریب اصطکاک بدون بعد است

سیستم متریک

$$h_f = rQ^2 \rightarrow \text{بر حسب متر } m$$

$$Q \rightarrow \text{بر حسب } \frac{m^3}{\text{sec}} \frac{\text{Gal}}{\text{Min}} \text{ (Gpm)}$$

$$r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g} \text{ in term } \frac{\text{Sec}^2}{m^5} \quad g = 9.81 \frac{m}{\text{Sec}^2}$$

سیستم انگلیسی

$$h_f = rQ^2 \rightarrow \text{بر حسب فوت } ft$$

$$Q \rightarrow \text{بر حسب } \frac{ft^3}{\text{sec}}$$

$$r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g} \text{ in term } \frac{\text{Sec}^2}{ft^5}$$

$$g = 32.2 \frac{ft}{\text{Sec}^2}$$

وقتی که جریان سیال در لوله کاملاً متلاطم باشد (fully Turbulant) آقای نیکو رادس توانست فرمول تقریبی آرا بر حسب ناهمواری نسبی لوله بدست آورد

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 0.86 \ln \frac{e}{D}$$

که e ناهمواری مطلق جدار لوله ها است

بر می گردیم به آن ۷ معادله و ۷ مجهول و جنس لوله چدن است

ناهمواری لوله چدن برابر است با $e = 150 \times 10^{-6} \text{ ft}$

برای در آوردن ۲ و برای راحتی کار محاسبه را در اکسل بردم و کار را انجام دادم در صفحه بعد نشان داده ایم چرا متلاطم است

| L | | ft | | in | | | |
|------|----|--|------|-------------------------------|------|-------|--|
| | | $g = 32.2 \frac{ft}{sec^2}$ | | $r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g}$ | | | |
| | | $\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 0.86 \ln \frac{e}{D}$ | | $e = 150 \times 10^{-6} ft$ | | | |
| L | ft | in | | | | | |
| 2000 | 10 | 12.829 | f1 = | 0.00608 | r1 = | 0.761 | |
| 2500 | 3 | 11.794 | f2 = | 0.00719 | r2 = | 463.3 | |
| 2000 | 5 | 12.233 | f3 = | 0.00668 | r3 = | 26.79 | |
| 2000 | 6 | 12.39 | f4 = | 0.00651 | r4 = | 10.5 | |
| 4000 | 4 | 12.041 | f5 = | 0.0069 | r5 = | 168.8 | |
| 1000 | 8 | 12.638 | f6 = | 0.00626 | r6 = | 1.197 | |
| 1500 | 10 | 12.829 | f7 = | 0.00608 | r7 = | 0.571 | |

می خواهیم به عنوان نمونه r_1, f_1, Re را محاسبه کنیم

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 0.86 \ln \frac{150 \times 10^{-6}}{10/12}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 12.89 \rightarrow f_1 = 0.00608$$

$$r_1 = \frac{8 \times 0.00608 \times 2000}{\left(\frac{10}{12}\right)^5 \times \pi^2 \times 32.2} \quad r_1 = 0.76$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 0.86 \ln \frac{e}{D}$$

$$g = 32.2 \frac{ft}{sec^2}$$

$$e = 150 \times 10^{-6} ft$$

$$r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g}$$

در آخر؛ حل این مسئله دبی در لوله ۱۰ اینچ در آورده

$$Q_1 = 4.247 \frac{ft^3}{Sec} = \frac{4.247}{35.28} = 0.121 \frac{m^3}{Sec}$$

$$v = 1.13 \times 10^{-6} \frac{m^2}{Sec} \text{ ویسکوزیته سینماتیک آب}$$

$$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{0.121}{\frac{\pi}{4} \left(\frac{10}{12 \times 3.28}\right)^2} = 2.38 \text{ m/Sec}$$

$$Re = \frac{V D}{v} = \frac{2.38 \times \frac{10}{12 \times 3.28}}{1.13 \times 10^{-6}} = 5.4 \times 10^5 \quad \text{متلاطم}$$

معادلات هد برای حلقه؛ چنین می نویسیم موافق
عقربه ساعت مثبت و خلاف آن منفی مجموع آن باید صفر شود

$$r_3 Q_3^2 - r_4 Q_4^2 - r_5 Q_5^2 = 0$$

$$26.79Q_3^2 - 10.5Q_4^2 - 168.8Q_5^2 = 0 \quad \text{حلقه ۱}$$

$$r_1 Q_1^2 - r_2 Q_2^2 - r_3 Q_3^2 = 0$$

حلقه ۲

$$0.761Q_1^2 - 463.3Q_2^2 - 26.79Q_3^2 = 0$$

$$r_6 Q_6^2 - r_7 Q_7^2 + r_2 Q_2^2 = 0$$

$$1.197Q_6^2 - 0.571Q_7^2 + 463.2Q_2^2 = 0 \quad \text{حلقه ۳}$$

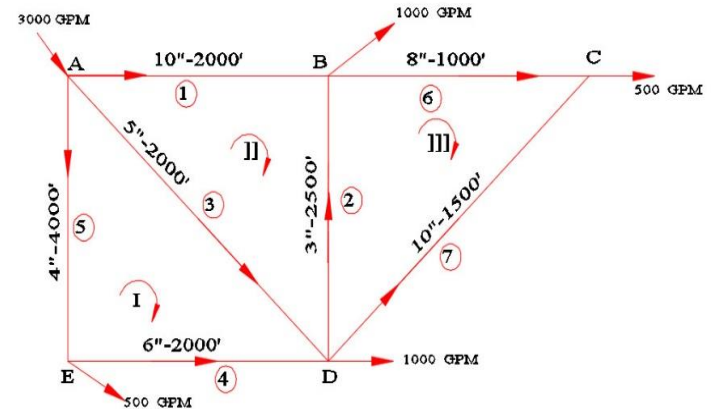
$$3000 \times 0.002675 = Q_1 + Q_3 + Q_5$$

$$6.66 = Q_1 + Q_3 + Q_5 \quad \text{گره A}$$

$$2.22 + Q_6 = Q_1 + Q_2 \quad \text{گره B}$$

$$Q_6 + Q_7 = 1.11 \quad \text{گره C}$$

$$Q_3 + Q_4 = Q_2 + Q_7 + 2.22 \quad \text{گره D}$$



| | |
|---|-----------------------|
| <input type="text" value="1"/> | gallons per minute |
| <input type="text" value="0.0026757275153786"/> | cubic feet per second |
| <input type="button" value="Convert"/> | |

معادلات گره ها

$$26.79Q_3^2 - 10.5Q_4^2 - 168.8Q_5^2 = 0$$

$$0.761Q_1^2 - 463.3Q_2^2 - 26.79Q_3^2 = 0$$

$$1.197Q_6^2 - 0.571Q_7^2 + 463.2Q_2^2 = 0$$

$$Q_1 + Q_3 + Q_5 = 6.66$$

$$-Q_6 + Q_1 + Q_2 = 2.22$$

$$Q_6 + Q_7 = 1.11$$

$$Q_3 + Q_4 - Q_2 - Q_7 = 2.22$$

۷ معادله و ۷ مجهول

قبل از اینکه راجع به روش هاردی کراس صحبت کنم؛ باید به گویم که در سال ۱۹۳۰ یعنی زمانی که ایشان روش خود را بوجود آوردند، تمام معادلات شبکه ها با داشتن چندین معادله خطی و غیر خطی باید حل می شد و این کار بسیار طاقت فرسایی بود؛ حتی حل چندین معادله خطی هم بسیار مشکل بود، چون باید به کمک دیترمینان و دیترمینان معکوس و حاصل ضرب آنها بدست می آمد که بسیار وقت گیر بود؛ زمانی که من دانشجو در دانشگاه هیوستون تگزاس آمریکا بودم استاد یا معادلات حاکم بر شبکه را سر امتحان (مثل همان ۷ معادله و هفت مجهول) از ما می خواست؛ چون ابزار ما همان خط کش محاسبه بود و بس. اگر قرار بود شبکه ای را حل کنیم باید به صورت پروژه آنها در سایت کامپیوتری دانشگاه وبا برنامه و کمک فورتران Fortran حل می کردیم. حالا چند معادله و چند مجهول را راحت می توان به کمک اکسل حل کرد.

حالا سؤال اینه که چگونه می توان این ۷ معادله و ۷ مجهول را که سه تای آن غیر خطی و چهار تای آن خطی است راحل کرد؛ البته با روش تئوری خطی می توان سه معادله غیر خطی را به خطی تبدیل کرد؛ که به هفت معادله خطی تبدیل می شود که این را به کمک اکسل می توان حل کرد و با سعی و خطا جواب را بدست آورد

روش تئوری خطی

$$f(x, y) = 0$$

$$g(x, y) = 0$$

$$f(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y) = 0$$

$$g(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y) = 0$$

نمو Δx و Δy به معادله می دهیم

بسط تیلر و جملات مرتبه دوم چون ناچیز است حذف می شود.

$$0 = f(x_0, y_0) + \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)\Delta x + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)\Delta y$$

$$0 = g(x_0, y_0) + \frac{\partial g}{\partial x}(x_0, y_0)\Delta x + \frac{\partial g}{\partial y}(x_0, y_0)\Delta y$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = a_{11}$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = a_{12}$$

$$\frac{\partial g}{\partial x} = a_{21}$$

$$\frac{\partial g}{\partial y} = a_{22}$$

$$a_{11}\Delta x_0 + a_{12}\Delta y_0 = -f(x_0, y_0)$$

$$x_{r+1} = x_r + \Delta x_r$$

$$a_{21}\Delta x_0 + a_{22}\Delta y_0 = -g(x_0, y_0)$$

$$y_{r+1} = y_r + \Delta y_r$$

$$r = 0, 1, 2, \dots$$

$$r = 0$$

$$x_1 = x_0 + \Delta x_0$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_1$$

$$y_1 = y_0 + \Delta y_0$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y_1$$

$$\Delta x_0 = \frac{\begin{vmatrix} -f(x_0, y_0) & a_{11} \\ -g(x_0, y_0) & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}$$

$$r = 0 \\ x_0 = 1 \text{ و } y_0 = 0$$

حدس اولیه

مطابق قانون کرامل Kramer Rule می توان آنرا بدست آورد ولی نیازی نیست با اکسل می توان آنرا محاسبه کرد.

| | |
|-------------------------------|--|
| $2x^2 - 3y^2 + z^2 - 6 = 0$ | |
| $3x^2 + 2y^2 + 3z^2 - 17 = 0$ | |
| $2x + 3y + 5z - 12 = 0$ | |

به عنوان مثال می خواهیم این سه معادله و سه مجهول را که خطی و غیر خطی است با تئوری خطی و با اکسل حل کنیم وقتی این را خوب متوجه شدیم آن معادلات دبی راحت تر است.

$$2x^2 - 3y^2 + z^2 - 6 = 0$$

$$3x^2 + 2y^2 + 3z^2 - 17 = 0$$

$$2x + 3y + 5z - 12 = 0$$

| Δx_0 | Δy_0 | Δz_0 | Cost |
|--------------|--------------|--------------|------|
| 4 | -6 | 2 | 6 |
| 6 | 4 | 6 | 9 |
| 2 | 3 | 5 | 2 |
| 0.014706 | 0.264706 | -0.32353 | |
| -0.13235 | 0.117647 | -0.08824 | |
| 0.073529 | -0.17647 | 0.382353 | |

| | | | |
|---|----|---|---|
| 4 | -6 | 2 | 6 |
| 6 | 4 | 6 | 9 |
| 2 | 3 | 5 | 2 |

Guess

$$x_0 = 1 \quad -(2(1)^2 - 3(1)^2 + (1)^2 - 6) = 6$$

$$y_0 = 1 \quad -(3(1)^2 + 2(1)^2 + 3(1)^2 - 17) = 9$$

$$z_0 = 1 \quad -(2(1) + 3(1) + 5(1) - 12) = 2$$

| | | |
|----------|----------|----------|
| 0.014706 | 0.264706 | -0.32353 |
| -0.13235 | 0.117647 | -0.08824 |
| 0.073529 | -0.17647 | 0.382353 |

$$\Delta x_0 \quad 1.823529 \quad x_1 = \Delta x_0 + x_0 = 1 + 1.823 = 2.823$$

$$\Delta y_0 \quad 0.088235 \quad y_1 = \Delta y_0 + y_0 = 1 + 0.088 = 1.088$$

$$\Delta z_0 \quad -0.38235 \quad z_1 = \Delta z_0 + z_0 = 1 - 0.382 = 0.617$$

عدد ثابت دیترمینان اولیه

دیترمینان معکوس

دیترمینان اولیه

حدس اولیه ما

| Guess | Guess | Δx_0 | Δy_0 | Δz_0 | Cost | Guess | |
|-------------|------------|---|--------------|--------------|----------|--------------|--|
| $x_0=1$ | 1 | 4 | -6 | 2 | 6 | $x_0=1$ | $-(2(1)^2-3(1)^2+(1)^2-6)=6$ |
| $y_0=1$ | 1 | 6 | 4 | 6 | 9 | $y_0=1$ | $-(3(1)^2+2(1)^2+3(1)^2-17)=9$ |
| $z_0=1$ | 1 | 2 | 3 | 5 | 2 | $z_0=1$ | $-(2(1)+3(1)+5(1)-12)=2$ |
| | | 0.014706 | 0.264706 | -0.32353 | | Δx_0 | 1.823529 $x_1 = \Delta x_0 + x_0 = 1 + 1.823 = 2.823$ |
| First Trial | | -0.13235 | 0.117647 | -0.08824 | | Δy_0 | 0.088235 $y_1 = \Delta y_0 + y_0 = 1 + 0.088 = 1.088$ |
| | | 0.073529 | -0.17647 | 0.382353 | | Δz_0 | -0.38235 $z_1 = \Delta z_0 + z_0 = 1 - 0.382 = 0.617$ |
| x_1 | 1 2.823529 | 11.29 | -6.529 | 1.235 | -6.7734 | | |
| y_1 | 1 1.088235 | 16.94 | 4.353 | 3.706 | -10.43 | | |
| z_1 | 1 0.617647 | 2 | 3 | 5 | 1.8E-15 | | |
| | | $2(2.82)^2-3(1.088)^2+(0.617)^2-6=6.77=-6.77$ | | | | | |
| | | 0.015728 | 0.0537 | -0.04369 | | Δx_1 | -0.66662 $x_2 = \Delta x_1 + x_1 = -0.666 + 2.823 = 2.156$ |
| | | -0.11418 | 0.079768 | -0.03091 | | Δy_1 | -0.05861 $y_2 = \Delta y_1 + zy_1 = -0.0586 + 1.088 = 1.029$ |
| | | 0.062216 | -0.06934 | 0.236023 | | Δz_1 | 0.301812 $z_2 = \Delta z_1 + z_1 = 0.303 + 0.617 = 0.919$ |
| x_2 | 1 2.156911 | 8.628 | -6.178 | 1.839 | -0.9695 | | |
| y_2 | 1 1.029627 | 12.94 | 4.119 | 5.517 | -1.6133 | | |
| z_2 | 1 0.919459 | 2 | 3 | 5 | -3.6E-15 | | |

| | | | | | | | | | |
|-------|---|----------|--|----------|----------|----------|--------------|----------|---|
| | | | | 0.009563 | 0.086125 | -0.09854 | Δx_2 | -0.14822 | |
| | | | | -0.12698 | 0.093352 | -0.0563 | Δy_2 | -0.02749 | |
| | | | | 0.072361 | -0.09046 | 0.273197 | Δz_2 | 0.075782 | |
| x_3 | 1 | 2.008696 | | 8.035 | -6.013 | 1.99 | -0.0474 | | $x_3 = \Delta x_2 + x_2 = -0.1482 + 2.1569 = 2.001$ |
| y_3 | 1 | 1.002134 | | 6.013 | 4.009 | 0.381 | -0.0846 | | $y_3 = \Delta y_2 + y_2 = -0.0274 + 1.088 = 1.002$ |
| z_3 | 1 | 0.995241 | | 2 | 3 | 5 | 1.8E-15 | | $z_3 = \Delta z_2 + z_2 = 0.0757 + 0.9192 = 0.995$ |
| | | | | 0.054312 | 0.103548 | -0.0295 | Δx_3 | -0.01134 | $x_4 = \Delta x_3 + x_3 = -0.01134 + 2.008 = 1.998$ |
| x_4 | 1 | 1.997357 | | -0.0842 | 0.104001 | 0.025605 | Δy_3 | -0.00481 | $y_4 = \Delta y_3 + y_3 = -0.0048 + 1.00212 = 0.9978$ |
| y_4 | 1 | 0.997323 | | 0.028796 | -0.10382 | 0.196438 | Δz_3 | 0.007422 | $z_4 = \Delta z_3 + z_3 = 0.00742 + 0.9952 = 1.0026$ |
| z_4 | 1 | 1.002663 | | | | | | | |

جواب $x = 2$ $y = 1$ $z = 1$

$$4(2.008696) = 8.035$$

$$2(2.008696)^2 - 3(1.029627)^2 + (0.919459)^2 - 6 = -0.0474$$

بنابراین مریم آن ۷ معادله و هفت مجهول که سه تای آن غیر خطی است که تبدیل می شود به خطی

$$53.6 Q_3 - 21Q_4 - 337.6Q_5=0$$

$$1.522Q_1 - 926.4Q_2 - 53.6Q_3=0$$

$$2.4Q_6 - 1.14Q_7 + 926.4Q_2=0$$

$$6.66 = Q_1+Q_3+Q_5$$

$$2.22 + Q_6 = Q_1+Q_2$$

$$Q_6 + Q_7 = 1.11$$

$$Q_3 + Q_4 = Q_2 + Q_7+2.22$$

$$26.8x2 = 53.6 \text{ مشتق اولیه}$$

| Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Cos |
|-------|--------|-------|-----|--------|-----|-------|----------|
| 0 | 0 | 53.6 | -21 | -337.6 | 0 | 0 | -152.51 |
| 1.522 | -926.4 | -53.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | -489.329 |
| 0 | 926.4 | 0 | 0 | 0 | 2.4 | -1.14 | 463.83 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.66 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 2.22 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1.11 |
| 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2.22 |

تشکیل دیترمینان اولیه

| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Cos | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Q1 | 1 | 0 | 0 | 53.6 | -21 | -337.6 | 0 | 0 | -152.51 | $26.79(1)^2 - 10.5(1)^2 - 168.8(1)^2 = -152.5$ |
| Q2 | 1 | 1.522 | -926.4 | -53.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | -489.329 | $0.761(1)^2 - 463.2(1)^2 - 26.79(1)^2 = -489.3$ |
| Q3 | 1 | 0 | 926.4 | 0 | 0 | 0 | 2.4 | -1.14 | 463.83 | |
| Q4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.66 | |
| Q5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 2.22 | |
| Q6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1.11 | |
| Q7 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2.22 | |
| Q1 | 6.215286 | 0.002516 | 0.01935 | 0.019277 | 0.849469 | 0.12108 | 0.074816 | 0.05284 | -352.866 | Q1 = 5.215286 $26.79(1.83)^2 - 10.5(0.504)^2 - 168.8(1.61)^2 = -352.8$ |
| Q2 | 1.488733 | -9.6E-06 | -7.4E-05 | 0.001002 | -0.00323 | 0.003346 | 0.000941 | -0.0002 | -1087.17 | Q2 = 0.488733 |
| Q3 | 1.830311 | 0.000237 | -0.01683 | -0.01677 | 0.080011 | -0.05439 | -0.01414 | 0.004977 | 1049.653 | Q3 = 0.830311 |
| Q4 | 0.504402 | -0.00275 | -0.00252 | -0.00251 | -0.92948 | 0.933309 | 0.939325 | 0.942183 | 6.66 | Q4 = -0.4956 |
| Q5 | 1.614402 | -0.00275 | -0.00252 | -0.00251 | 0.07052 | -0.06669 | -0.06067 | -0.05782 | 2.22 | Q5 = 0.614402 |
| Q6 | 4.484019 | 0.002507 | 0.019277 | 0.020279 | 0.846236 | -0.87557 | 0.075757 | 0.052639 | 1.11 | Q6 = 3.484019 |
| Q7 | -1.37402 | -0.00251 | -0.01928 | -0.02028 | -0.84624 | 0.875575 | 0.924243 | -0.05264 | 2.22 | Q7 = -2.37402 |
| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Cos | |
| | | 0 | 0 | 98.10469 | -10.5924 | -545.022 | 0 | 0 | -352.866 | |
| | | 9.459666 | -1379.16 | -98.1047 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1087.17 | |
| | | 0 | 1379.162 | 0 | 0 | 0 | 10.76165 | 1.566382 | 1049.653 | |
| | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.66 | |
| | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 2.22 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1.11 | |
| | | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2.22 | |

دیترمینان معکوس

ضرایب دیترمینان
بعدی طبق تئوری
خطی که گفته شد
بدست می آید

$$Q'_1 = 5.21528 + 1 = 6.21158$$

MULT \times \checkmark f_x

=26.79*C95^2-10.5*C96^2-168.8*C97^2

| B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|---|---|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|---------|---|---|---|---|
| | | | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2.22 | | | | | | |
| | | | 0.001222 | 0.008195 | 0.008155 | 0.83973 | 0.093985 | 0.015263 | 0.023742 | | Q1 = | 4.2682 | | | | |
| | | | -5.8E-06 | -3.9E-05 | 0.000518 | -0.00403 | 0.004349 | -0.00065 | -0.00011 | | Q2 = | 0.95919 | | | | |
| | | fifth tri | 0.000164 | -0.00697 | -0.00694 | 0.112969 | -0.05657 | 0.010409 | 0.003194 | | Q3 = | 1.32859 | | | | |
| | | | -0.00139 | -0.00122 | -0.00122 | -0.9527 | 0.962586 | 0.974328 | 0.973064 | | Q4 = | -0.0468 | | | | |
| | | | -0.00139 | -0.00122 | -0.00122 | 0.047301 | -0.03741 | -0.02567 | -0.02694 | | Q5 = | 1.06321 | | | | |
| | | | 0.001216 | 0.008155 | 0.008674 | 0.835699 | -0.90167 | 0.01461 | 0.023628 | | Q6 = | 3.00739 | | | | |
| | | | -0.00122 | -0.00816 | -0.00867 | -0.8357 | 0.901665 | 0.98539 | -0.02363 | | Q7 = | -1.8974 | | | | |

| Q1 | 5.268203 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Cos |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Q2 | 1.959191 | 0 | 0 | 124.8125 | -20.0173 | -696.538 | 0 | 0 | =26.79*C9 |
| Q3 | 2.328592 | 8.018205 | -1814.99 | -124.813 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1902.49 |
| Q4 | 0.953205 | 0 | 1814.994 | 0 | 0 | 0 | 9.617744 | 1.023029 | 1796.772 |
| Q5 | 2.063205 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.66 |
| Q6 | 4.007393 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 2.22 |
| Q7 | -0.89739 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1.11 |
| | | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2.22 |

=26.79*(2.32)^2-10.5*(0.953)^2-168.8*(2.06)^2=-582.82

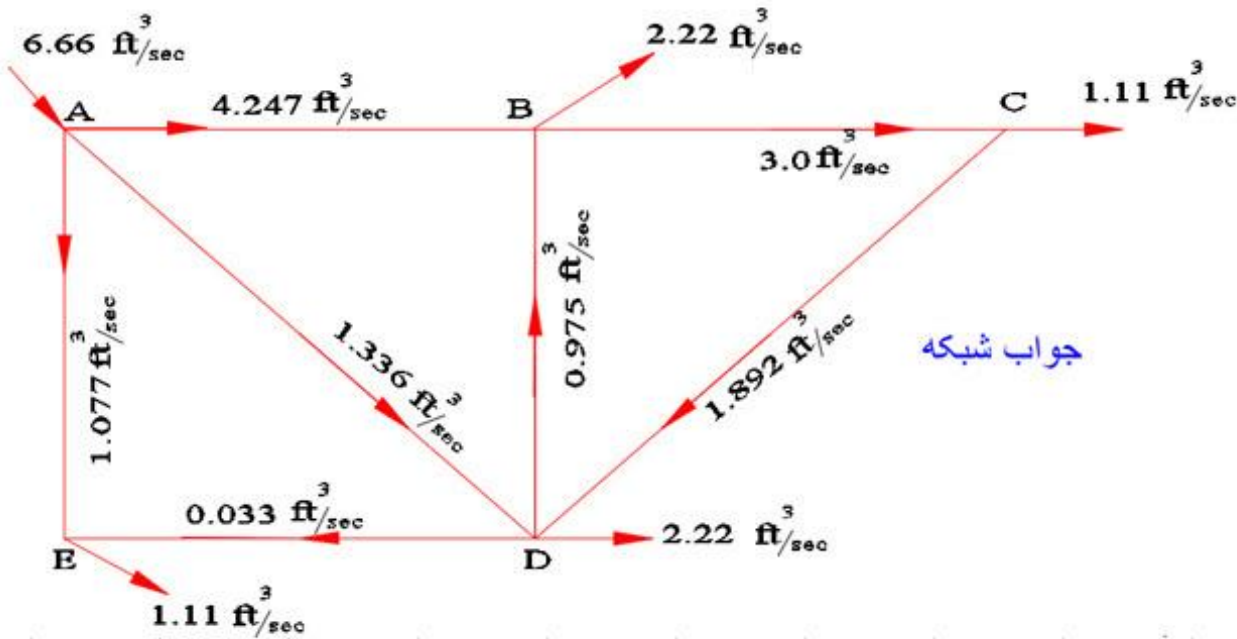
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | 0.001207 | 0.008139 | 0.0081 | 0.840954 | 0.093788 | 0.015881 | 0.024168 | | | | | | | |
| | | | -5.7E-06 | -3.8E-05 | 0.00051 | -0.00396 | 0.004271 | -0.00064 | -0.00011 | | | | | | | |
| | | sixth tri | 0.00016 | -0.00693 | -0.0069 | 0.111661 | -0.05608 | 0.010267 | 0.003209 | | | | | | | |
| | | | -0.00137 | -0.00121 | -0.0012 | -0.95262 | 0.962296 | 0.973853 | 0.972623 | | | | | | | |
| | | | -0.00137 | -0.00121 | -0.0012 | 0.047385 | -0.0377 | -0.02615 | -0.02738 | | | | | | | |
| | | | 0.001202 | 0.0081 | 0.008611 | 0.836991 | -0.90194 | 0.015245 | 0.024054 | | | | | | | |
| | | | -0.0012 | -0.0081 | -0.00861 | -0.83699 | 0.901941 | 0.984755 | -0.02405 | | | | | | | |

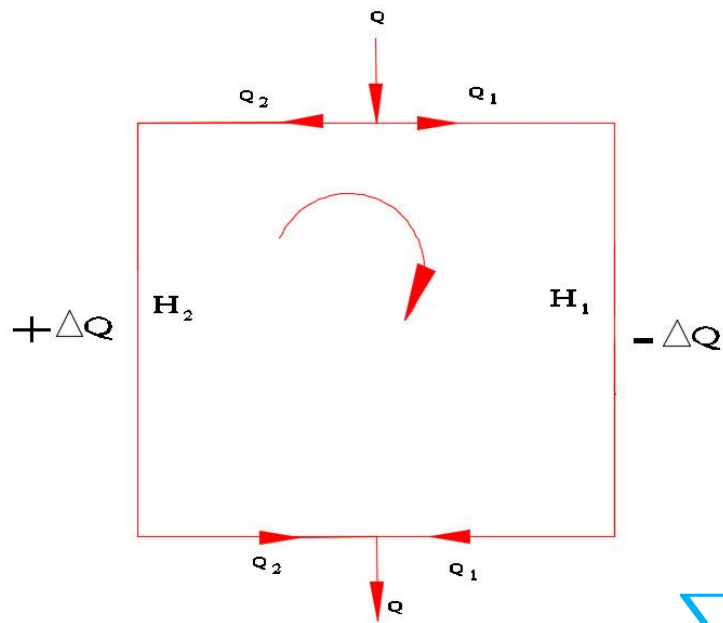
Answer

- Q1 = 4.247 $\Delta Q_1 = 4.247 - 4.2682 = 0.022$
- Q2 = 0.975 $\Delta Q_2 = 0.975 - 0.95919 = 0.0158$
- Q3 = 1.336 $\Delta Q_3 = 1.336 - 1.32859 = 0.074$
- Q4 = -0.033 $\Delta Q_4 = -0.033 - (-0.0468) = 0.0138$
- Q5 = 1.077 $\Delta Q_5 = 1.077 - 1.0632 = 0.0138$
- Q6 = 3.002 $\Delta Q_6 = 3 - 3 = 0$
- Q7 = -1.892 $\Delta Q_7 = -1.892 - (-1.892) = 0$

جواب شبکه بعد از تلاش ششم

| | | | | | | | | | | | |
|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|--------|--------|
| | | | | | | | | | | | Answer |
| | | 0.001207 | 0.008139 | 0.0081 | 0.840954 | 0.093788 | 0.015881 | 0.024168 | Q1 = | 4.247 | |
| | | -5.7E-06 | -3.8E-05 | 0.00051 | -0.00396 | 0.004271 | -0.00064 | -0.00011 | Q2 = | 0.975 | |
| sixth tr | | 0.00016 | -0.00693 | -0.0069 | 0.111661 | -0.05608 | 0.010267 | 0.003209 | Q3 = | 1.336 | |
| | | -0.00137 | -0.00121 | -0.0012 | -0.95262 | 0.962296 | 0.973853 | 0.972623 | Q4 = | -0.033 | |
| | | -0.00137 | -0.00121 | -0.0012 | 0.047385 | -0.0377 | -0.02615 | -0.02738 | Q5 = | 1.077 | |
| | | 0.001202 | 0.0081 | 0.008611 | 0.836991 | -0.90194 | 0.015245 | 0.024054 | Q6 = | 3.002 | |
| | | -0.0012 | -0.0081 | -0.00861 | -0.83699 | 0.901941 | 0.984755 | -0.02405 | Q7 = | -1.892 | |





۱- بیایم ببینیم روش هاردی کراس چگونه بدست می آید.

$$Q_1 = Q_1 - \Delta Q$$

$$Q_2 = Q_2 + \Delta Q$$

$$\sum h_f = 0$$

طبق قانون کیرشهف مجموع افت هد Head Lost یک حلقه صفر است، اگر جهت سیال موافق عقربه ساعت باشد مثبت و خلاف آن منفی است.

$$H_1 - H_2 = 0$$

$$r_1(Q_1 - \Delta Q)^n - r_2(Q_2 - \Delta Q)^n = 0$$

$$(a + b)^n = a^n + na^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{2!}a^{n-2}b^2 \dots \dots \dots b^n$$

$$r_1(Q_1^n - nQ_1^{n-1}\Delta Q + \dots) - r_2(Q_2^n - nQ_2^{n-1}\Delta Q + \dots) = 0$$

$$(\Delta Q)^2 \approx 0$$

$$\Delta Q = \frac{-(r_2 Q_2^n + r_1 Q_1^n)}{nr_1 Q_1^{n-1} + nr_2 Q_2^{n-1}}$$

$$\Delta Q = -\frac{\sum r Q_i^n}{n|\sum r Q_i^{n-1}|}$$

چون از فرمول داری ویسباخ استفاده می کنیم؛ پس

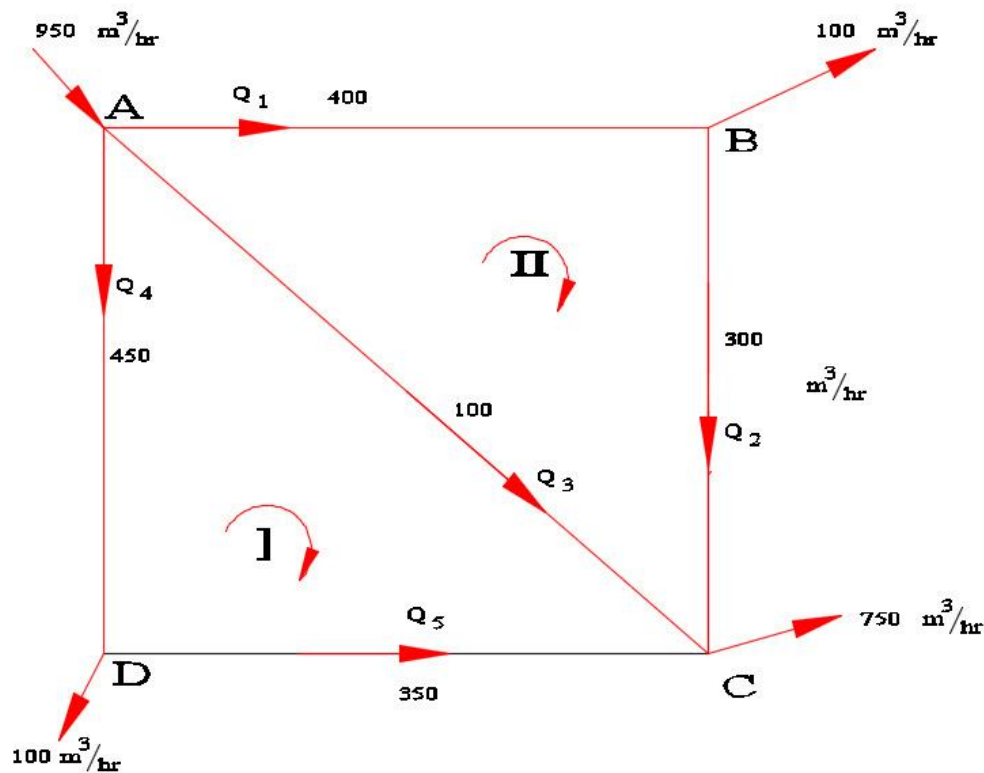
۱- اول حدس می زنیم دبی در لوله های شبکه چقدر است با توجه به اینکه قانون پیوستگی به طور کامل اجراء شود، یعنی شبکه بالانس شود.

$$\Delta Q = -\frac{\sum r Q^2}{\sum 2rQ}$$

۲- در هر حلقه نمو ΔQ را از رابطه ای که در صفحه بعد گفته می شود حساب می کنیم

۳- اگر جهت سیال موافق عقربه ساعت باشد هد مثبت و خلاف آن منفی است

$$\Delta Q = -\frac{\sum r Q^2}{\sum 2rQ} = \frac{\text{مجموع افت هد}}{\text{مشتق افت هد نسبت به دبی}}$$



توی شبکه روبرو می خواهیم
معادلات حاکم بر شبکه را بنویسیم

$$950 = Q_1 + Q_3 + Q_4 \quad \text{گره A}$$

$$100 + Q_5 = Q_4 \quad \text{گره D}$$

$$750 = Q_3 + Q_2 + Q_5 \quad \text{گره C}$$

$$r_1 Q_1^2 + r_2 Q_2^2 - r_3 Q_3^2 = 0 \quad \text{حلقه II}$$

$$r_3 Q_3^2 - r_5 Q_5^2 - r_4 Q_4^2 = 0 \quad \text{حلقه I}$$

مثبت هم جهت و منفی خلاف جهت $\mp \Delta Q_{II}$ حدس دبی اولیه در لوله $Q_1 = Q'_1$ حدس بعدی

مثبت هم جهت و منفی خلاف جهت $\mp \Delta Q_{II} \mp \Delta Q_{I}$ حدس دبی اولیه در لوله $Q_3 = Q'_3$ حدس بعدی

دانشجویان عزیز یکی از کارهای مهمی که باید در شبکه آبرسانی انجام بدهید، این است که سرعت آب در در لوله ها نباید از یک حد زیادی تجاوز کند سرعت حد در داخل لوله باید

$$0.60 \frac{m}{Sec} \leq V \leq 2.5 \frac{m}{Sec}$$

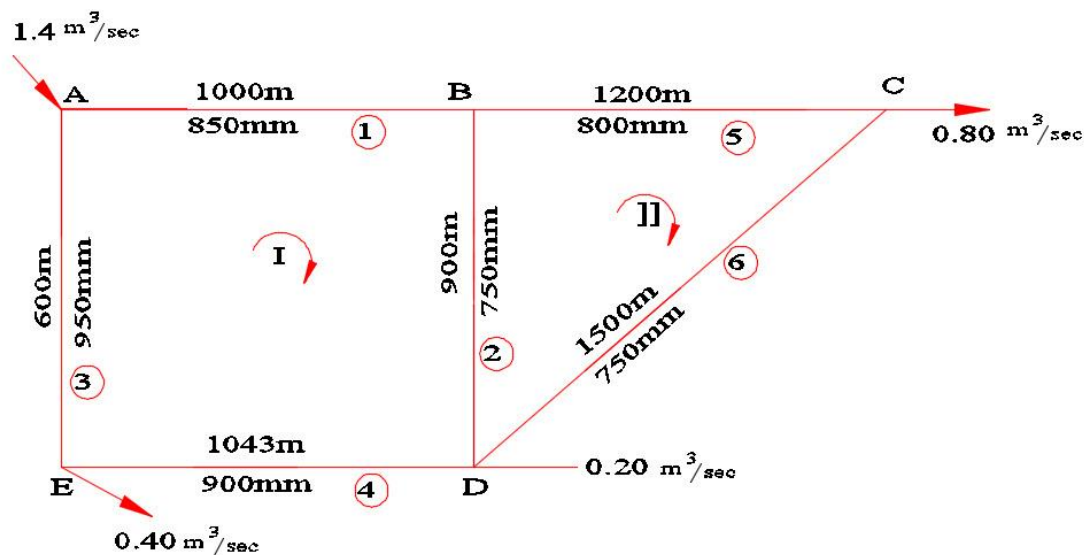
اگر سرعت آب در لوله بالاتر از 2.5 متر بر ثانیه باشد فاجعه روی خواهد داد، اگر کسی شیر فلکه در داخل سیستم را به خواهد کمی سریع ببندد؛ ضربه قوچ آمان نخواهد داد و لوله در مقابل فشار طاقت نخواهد آورد و خواهد ترکید و اگر کمتر از 0.60 متر بر ثانیه باشد رسوبات و اشغال جدار لوله ته نشین خواهد شد و بد خواهد بود.

بهترین راه این است که قطر لوله را کمی بزرگتر اش کنید و یا لوله ای انتخاب کنید که ضخامت لوله بیشتری داشته باشد باز هم می گویم بهترین انتخاب تعیین قطر جدید است چون با اکسل کار کردید می توانید با آن بازی کنید و طرح مناسب را در بیارید

برای در آوردن سرعت می توان از فرمول زیر استفاده

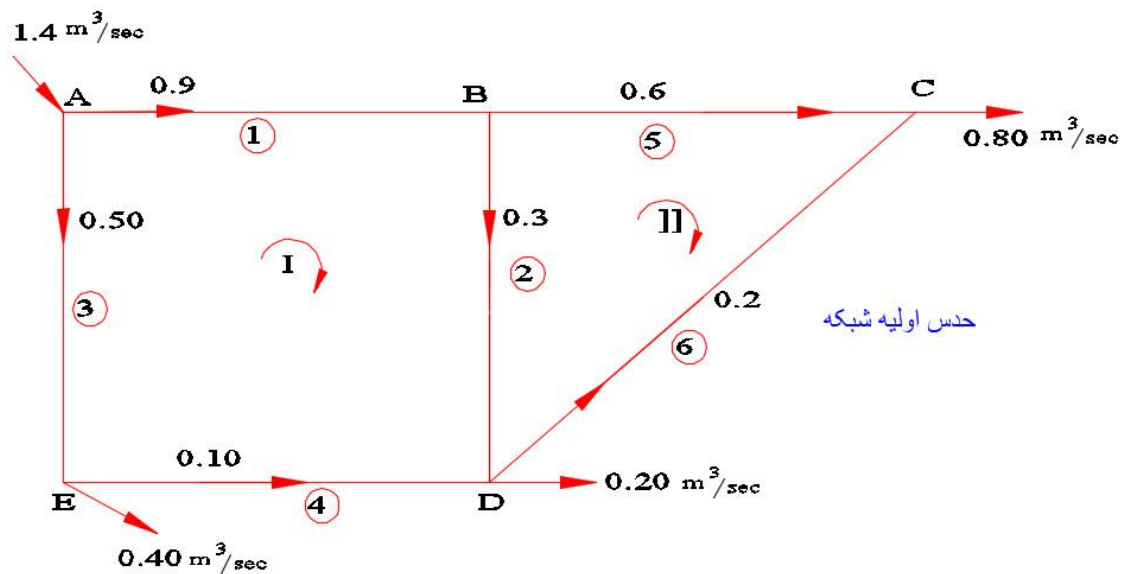
$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 V$$

مثال ۱



می خواهیم شبکه روبرو را به کمک روش هاردی کراس حل کنیم، البته به کمک اکسل

اول حدس می زنیم دبی در لوله های شبکه چقدر است با توجه به اینکه قانون پیوستگی به طور کامل اجراء شود یعنی شبکه بالانس شود.



حالا می خواهیم اطلاعات را در اکسل به بریم

$$r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g} \quad \Delta Q = \frac{-\sum rQ^2}{\sum 2rQ} \quad g = 9.81 \frac{m}{Sec^2} \quad f = 0.02 \quad h_f = rQ^2$$

| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.9 | 1 | 3.0 | 6.70 | -0.262 | 0.638 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | 1 | 0.6 | 3.76 | -0.262 | 0.117 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.10 | -1 | 0.0 | 0.58 | -0.262 | 0.362 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.50 | -1 | -0.3 | 1.28 | -0.262 | 0.762 |
| Total | | | | | | | sum | 3.2 | 12.3 | -0.262 | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.6 | 1 | 2.2 | 7.26 | -0.08 | 0.521 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.2 | -1 | -0.4 | 4.18 | -0.08 | 0.279 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | -1 | -0.6 | 3.76 | -0.08 | 0.117 |
| Total | | | | | | | sum | 1.2 | 15.2 | -0.079 | |

$$r_1 = \frac{8 \times 0.02 \times 1000}{\left(\frac{850}{1000}\right)^5 \times \pi^2 \times 9.81} = 3.72$$

$$rQ^2 = 3.72 \times 0.9^2 = 3$$

$$2rQ = 2 \times 3.72 \times 0.9 = 6.7$$

$$\Delta Q_I = -\frac{3.2}{12.3} = -0.262$$

حدس دبی اولیه در لوله $Q_1 = Q_1$ حدس بعدی $Q'_1 = Q_1 + \Delta Q_{II}$

$$Q'_1 = 0.9 + 0.025 = 0.925$$

در این اکسل بعضی از محاسبات را به شما نشان می دهیم

در این اکسل نشان داده شده که چگونه حدس بعدی دبی به دست می آید

| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.9 | 1 | 3.0 | 6.70 | -0.262 | 0.638 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | 1 | 0.6 | 3.76 | -0.262 | 0.117 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.10 | -1 | 0.0 | 0.58 | -0.262 | 0.362 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.50 | -1 | -0.3 | 1.28 | -0.262 | 0.762 |
| Total | | | | | | | sum | 3.2 | 12.3 | -0.262 | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.6 | 1 | 2.2 | 7.26 | -0.08 | 0.521 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.2 | -1 | -0.4 | 4.18 | -0.08 | 0.279 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | -1 | -0.6 | 3.76 | -0.08 | 0.117 |
| Total | | | | | | | sum | 1.2 | 15.2 | -0.079 | |

$$Q'_1 = Q_1 + \Delta Q_I = 0.90 - 0.262 = 0.638$$

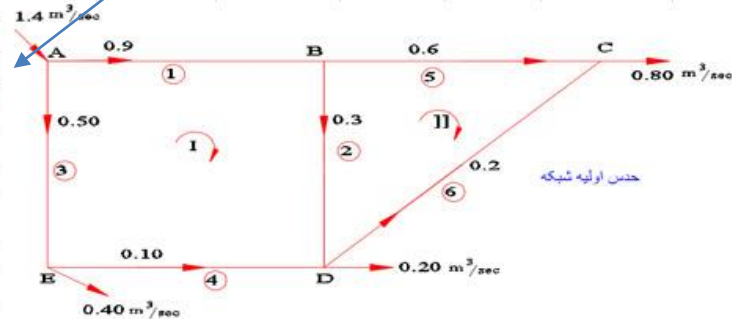
$$Q'_2 = Q_2 + \Delta Q_I - \Delta Q_{II} = 0.30 + (-0.262) - (-0.079) = 0.117$$

$$Q'_3 = Q_3 - \Delta Q_I = 0.50 - (-0.262) = 0.762$$

$$Q'_4 = Q_4 - \Delta Q_I = 0.10 - (-0.262) = 0.362$$

$$Q'_5 = Q_5 + \Delta Q_{II} = 0.60 - (-0.079) = 0.521$$

$$Q'_6 = Q_6 - \Delta Q_{II} = 0.20 - (-0.079) = 0.279$$



| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.638 | 1 | 1.5 | 4.75 | -0.046 | 0.592 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.117 | 1 | 0.1 | 1.46 | -0.046 | 0.016 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.362 | -1 | -0.4 | 2.11 | -0.046 | 0.408 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.762 | -1 | -0.7 | 1.95 | -0.046 | 0.808 |
| Total | | | | | | | sum | 0.5 | 10.3 | -0.046 | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.521 | 1 | 1.6 | 6.31 | -0.05 | 0.466 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.279 | -1 | -0.8 | 5.82 | -0.05 | 0.334 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.117 | -1 | -0.1 | 1.46 | -0.05 | 0.016 |
| Total | | | | | | | sum | 0.7 | 13.6 | -0.055 | |

| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.9 | 1 | 3.0 | 6.70 | -0.262 | 0.638 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | 1 | 0.6 | 3.76 | -0.262 | 0.117 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.10 | -1 | 0.0 | 0.58 | -0.262 | 0.362 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.50 | -1 | -0.3 | 1.28 | -0.262 | 0.762 |
| Total | | | | | | | sum | 3.2 | 12.3 | -0.262 | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.6 | 1 | 2.2 | 7.26 | -0.08 | 0.521 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.2 | -1 | -0.4 | 4.18 | -0.08 | 0.279 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.3 | -1 | -0.6 | 3.76 | -0.08 | 0.117 |
| Total | | | | | | | sum | 1.2 | 15.2 | -0.079 | |

$$Q'_1 = Q_1 + \Delta Q_I = 0.90 - 0.262 = 0.638$$

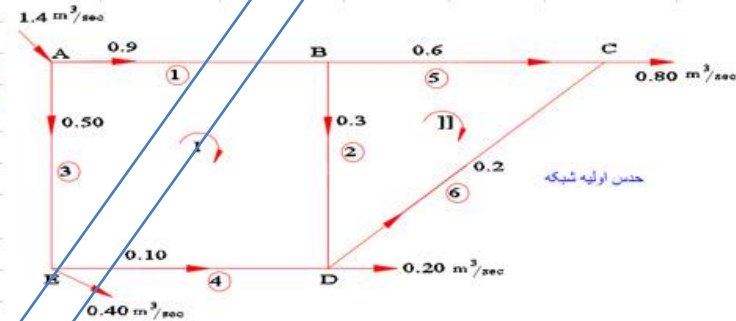
$$Q'_2 = Q_2 + \Delta Q_I - \Delta Q_{II} = 0.30 + (-0.262) - (-0.079) = 0.117$$

$$Q'_3 = Q_3 - \Delta Q_I = 0.50 - (-0.262) = 0.762$$

$$Q'_4 = Q_4 - \Delta Q_I = 0.10 - (-0.262) = 0.362$$

$$Q'_5 = Q_5 + \Delta Q_{II} = 0.60 - (-0.079) = 0.521$$

$$Q'_6 = Q_6 - \Delta Q_{II} = 0.20 - (-0.079) = 0.279$$

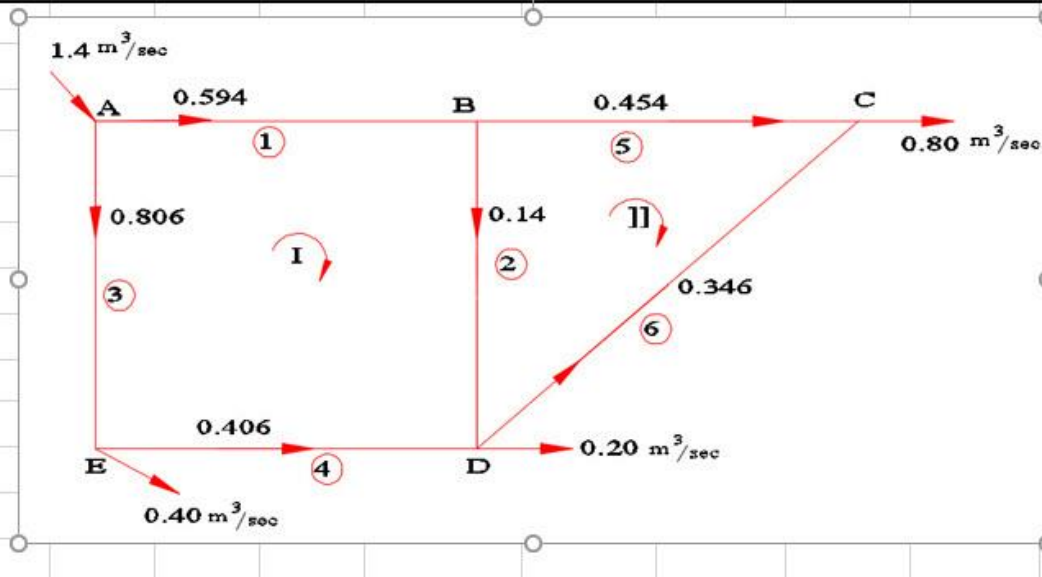


| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.638 | 1 | 1.5 | 4.75 | -0.046 | 0.592 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.117 | 1 | 0.1 | 1.46 | -0.046 | 0.016 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.362 | -1 | -0.4 | 2.11 | -0.046 | 0.408 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.762 | -1 | -0.7 | 1.95 | -0.046 | 0.808 |
| Total | | | | | | | sum | 0.5 | 10.3 | -0.046 | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.521 | 1 | 1.6 | 6.31 | -0.05 | 0.466 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.279 | -1 | -0.8 | 5.82 | -0.05 | 0.334 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.117 | -1 | -0.1 | 1.46 | -0.05 | 0.016 |
| Total | | | | | | | sum | 0.7 | 13.6 | -0.055 | |

تلاش چهارم که نمو ΔQ بسیار ناچیز است و سرعت آب در لوله که در محدوده سرعت قرار دارد

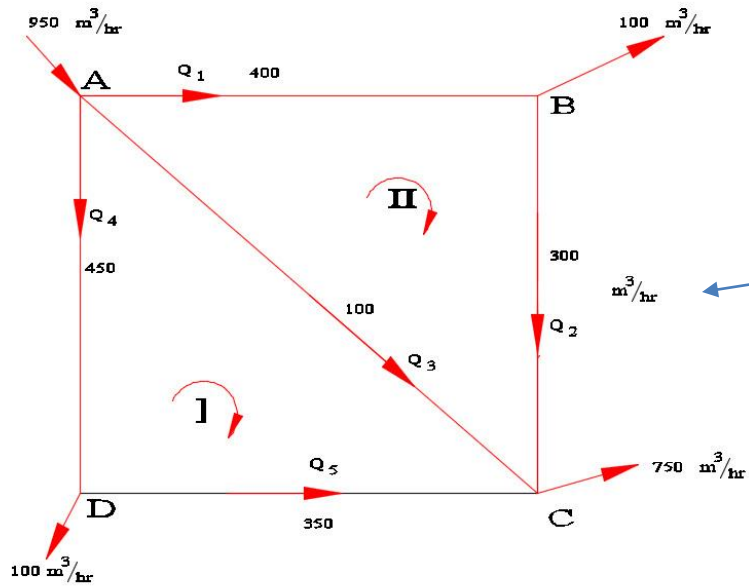
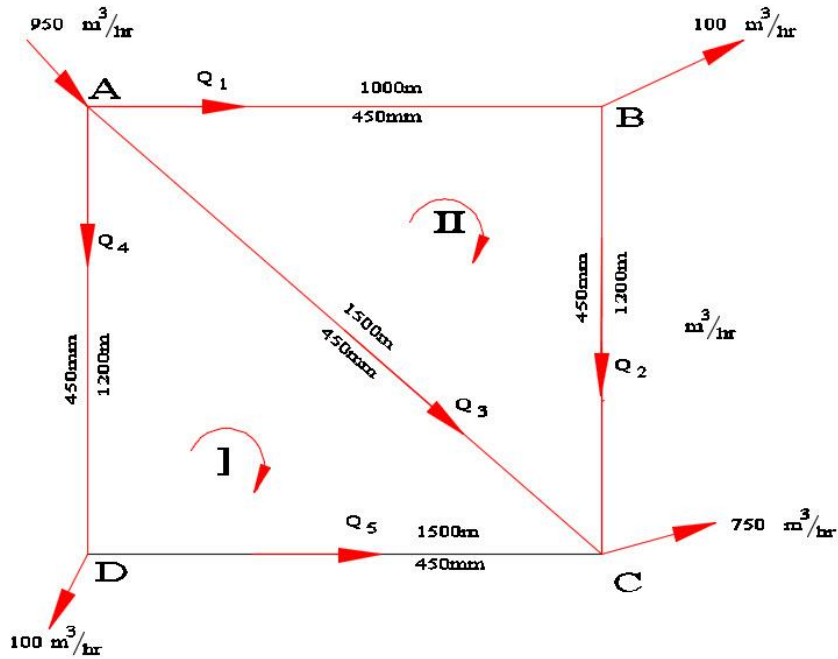
| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q | V m/sec |
|-------|------|------|------|------|------|---------|----------|--------|------|------------|-------|---------|
| 1 | AB | Q1 | 1000 | 850 | 3.72 | 0.594 | 1 | 1.3 | 4.42 | 0.0002 | 0.594 | 1.05 |
| 1 | BD | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.006 | 1 | 0.0 | 0.07 | 0.0002 | 0.140 | 0.32 |
| 1 | DE | Q4 | 1043 | 900 | 2.9 | 0.406 | -1 | -0.5 | 2.37 | 0.0002 | 0.406 | 0.64 |
| 1 | EA | Q3 | 600 | 950 | 1.3 | 0.806 | -1 | -0.8 | 2.07 | 0.0002 | 0.806 | 1.14 |
| Total | | | | | | | sum | 0.0 | 8.9 | 0.0002 | | |
| 2 | BC | Q5 | 1200 | 800 | 6.1 | 0.454 | 1 | 1.3 | 5.50 | -0.0002 | 0.454 | 0.90 |
| 2 | CD | Q6 | 1500 | 750 | 10.4 | 0.346 | -1 | -1.2 | 7.22 | -0.0002 | 0.346 | 0.78 |
| 2 | DB | Q2 | 900 | 750 | 6.3 | 0.006 | -1 | 0.0 | 0.07 | -0.0002 | 0.140 | 0.32 |
| Total | | | | | | | sum | 0.0 | 12.8 | -0.0002 | | |

4



جواب شبکه

مثال ۲



حدس اولیه شبکه

$$r = \frac{8fL}{D^5 \pi^2 g} \quad \Delta Q = \frac{-\sum rQ^2}{\sum 2rQ} \quad g = 9.81 \frac{m}{Sec^2} \quad f = 0.02 \quad h_f = rQ^2$$

| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q $\frac{m^3}{hr}$ | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------------|--------------------------|----------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | AC | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000691 | 100 | 1 | 0.069 | 0.0055 | 242.170 | 491.553 |
| 1 | CD | Q5 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 350 | -1 | -1.016 | 0.0050 | 242.170 | 107.830 |
| 1 | DA | Q4 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 450 | -1 | -2.099 | 0.0021 | 242.170 | 207.830 |
| Total | | | | | | | sum | -3.0458 | 0.01258 | 242.170 | |
| 2 | AB | Q1 | 1000 | 450 | 0.00001037 | 400 | 1 | 1.6585 | 0.00207 | -149.38 | 250.617 |
| 2 | BC | Q2 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 300 | 1 | 0.9329 | 0.00726 | -149.38 | 150.617 |
| 2 | CA | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 100 | 1 | -0.0829 | 0.00746 | -149.38 | 491.553 |
| Total | | | | | | | sum | 2.5085 | 0.01679 | -149.383 | |

1

$$Q'_3 = 100 + (242.17) - (-149.38) = 491.55$$

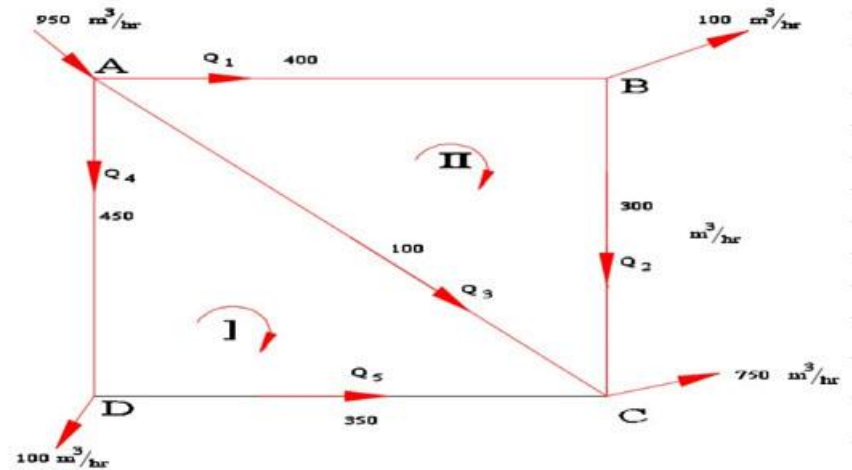
$$Q'_5 = 350 - (242.17) = 107.83$$

$$Q'_4 = 450 - (242.17) = 207.83$$

$$Q'_1 = 400 + (-149.38) = 250.61$$

$$Q'_2 = 300 + (-149.38) = 150.61$$

$$Q'_3 = 100 - (-149.38) + (242.17) = 491.55$$



| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | $\frac{m^3}{hr}$ | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------------|---------|------------------|----------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | AC | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000691 | 100 | 100 | 1 | 0.069 | 0.0055 | 242.170 | 491.553 |
| 1 | CD | Q5 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 350 | 350 | -1 | -1.016 | 0.0050 | 242.170 | 107.830 |
| 1 | DA | Q4 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 450 | 450 | -1 | -2.099 | 0.0021 | 242.170 | 207.830 |
| Total | | | | | | | | sum | -3.0458 | 0.01258 | 242.170 | |
| 2 | AB | Q1 | 1000 | 450 | 0.00001037 | 400 | 400 | 1 | 1.6585 | 0.00207 | -149.38 | 250.617 |
| 2 | BC | Q2 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 300 | 300 | 1 | 0.9329 | 0.00726 | -149.38 | 150.617 |
| 2 | CA | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 100 | 100 | -1 | -0.0829 | 0.00746 | -149.38 | 491.553 |
| Total | | | | | | | | sum | 2.5085 | 0.01679 | -149.383 | |

$$Q'_3 = 100 + (242.17) - (-149.38) = 491.55$$

$$Q'_5 = 350 - (242.17) = 107.83$$

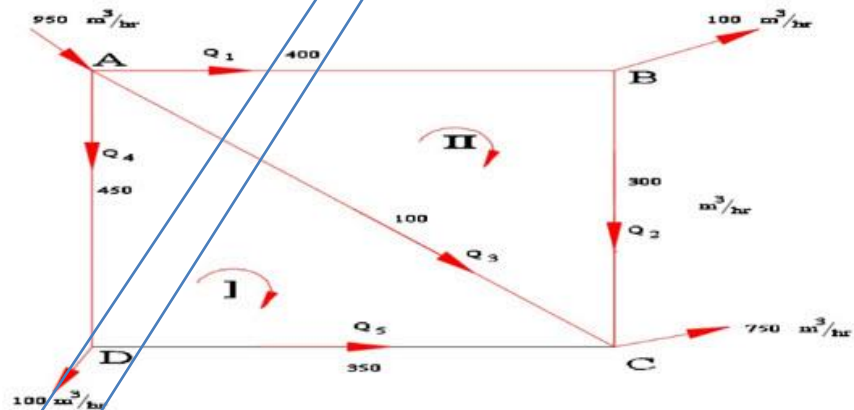
$$Q'_4 = 450 - (242.17) = 207.83$$

$$Q'_1 = 400 + (-149.38) = 250.61$$

$$Q'_2 = 300 + (-149.38) = 150.61$$

$$Q'_3 = 100 - (-149.38) + (242.17) = 491.55$$

$$\Delta Q = -\frac{-3.0458}{0.01258} = 242.17$$

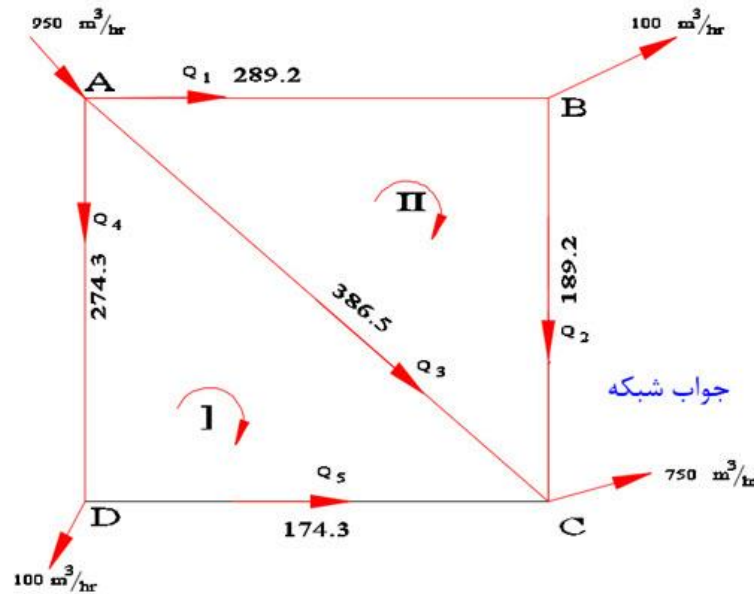


| Loop | pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess Q | $\frac{m^3}{hr}$ | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' |
|-------|------|------|------|------|------------|---------|------------------|----------|---------|---------|------------|---------|
| 1 | AC | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000691 | 491.553 | 491.553 | 1 | 1.670 | 0.0035 | -69.686 | 351.466 |
| 1 | CD | Q5 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 107.830 | 107.830 | -1 | -0.096 | 0.0025 | -69.686 | 177.516 |
| 1 | DA | Q6 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 207.830 | 207.830 | -1 | -0.448 | 0.0102 | -69.686 | 277.516 |
| Total | | | | | | | | sum | 1.1256 | 0.01615 | -69.686 | 2 |
| 2 | AB | Q1 | 1000 | 450 | 0.00001037 | 250.617 | 250.617 | 1 | 0.6511 | 0.01019 | 70.40 | 321.019 |
| 2 | BC | Q2 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 150.617 | 150.617 | 1 | 0.2352 | 0.00224 | 70.40 | 221.019 |
| 2 | CA | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 491.553 | 491.553 | -1 | -2.0037 | 0.00345 | 70.40 | 351.466 |
| Total | | | | | | | | sum | -1.1175 | 0.01587 | 70.401 | |

جواب شبکه بعد از تلاش دوازدهم و سرعت آب که در محدوده سرعت قرار دارد

| pipe | Pipe | L m | D mm | r | Guess $Q \frac{m^3}{hr}$ | kiroshof | rQ^2 | 2rQ | ΔQ | Q' | V m/sec | |
|-------|------|-----|------|-----|--------------------------|----------|--------|---------|------------|--------|---------|------|
| 1 | AC | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000691 | 386.446 | 1 | 1.032 | 0.0040 | -0.004 | 386.4 | 0.67 |
| 1 | CD | Q5 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 174.312 | -1 | -0.252 | 0.0031 | -0.004 | 174.3 | 0.30 |
| 1 | DA | Q4 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 274.312 | -1 | -0.780 | 0.0080 | -0.004 | 274.3 | 0.48 |
| Total | | | | | | sum | 0.0001 | 0.01515 | -0.004 | | | |
| 2 | AB | Q1 | 1000 | 450 | 0.00001037 | 289.241 | 1 | 0.8672 | 0.00801 | 0.00 | 289.2 | 0.51 |
| 2 | BC | Q2 | 1200 | 450 | 0.00001037 | 189.241 | 1 | 0.3712 | 0.00361 | 0.00 | 189.2 | 0.33 |
| 2 | CA | Q3 | 1500 | 450 | 0.00000829 | 386.446 | -1 | -1.2384 | 0.00455 | 0.00 | 386.4 | 0.67 |
| Total | | | | | | sum | 0.0000 | 0.01617 | 0.000 | | | |

12 ANSWER



امیدوارم که این ویدیو آموزشی مورد تایید شما قرار گرفته باشد.

با تشکر محمد جواد تسکینی