

محاسبه شبکه‌های تهویه معادن به وسیله کامپیوتر

مهندس حسن مدنی

استادیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

با گسترش فعالیت‌های معدنی در کشور، روز به روز شبکه‌های معادن وسیع‌تر و پیچیده‌تر شده و بنابراین، محاسبه شبکه‌های تهویه آنها مشکل‌تر می‌شود. گرچه شبکه‌های معادن کوچک را می‌توان با صرف زمان طولانی به طور تقریبی محاسبه کرد ولی محاسبه شبکه معادن بزرگ به روش دستی، مقدور نیست و برای محاسبه آنها می‌بایستی از مدل‌های الکتریکی یا کامپیوتری استفاده کرد. در این مقاله، چگونگی محاسبه شبکه‌های تهویه به کمک کامپیوتر تشریح شده است. ذکر این نکته ضروری است که چون تاکنون در این زمینه مطلبی به زبان فارسی منتشر نشده لذا سعی شده است - که با تشریح بیشتر مطلب، خوانندگان علاقمند را در زمینه محاسبه شبکه‌های تهویه معادن یاری دهد.

H. Madani, M. Sc.

Mining. Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

Calculation of Mine Ventilation by Computer

Hand calculation of large mine's ventilation networks is very tedious and time consuming process, so that the use of electronic computers is inevitable. In the present paper the application of computer in such calculations is discussed.

۱ - مقدمه

اگر شدت جریانهای فرضی شاخه‌ها را Q_1 تا Q_4 ، شدت جریان واقعی آنها - را Q'_1 تا Q'_4 و خطای شدت جریان شاخه‌ها را δQ فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} Q'_1 &= Q_1 + \delta Q \\ Q'_2 &= Q_2 - \delta Q \\ Q'_3 &= Q_3 + \delta Q \\ Q'_4 &= Q_4 - \delta Q \end{aligned} \quad (1)$$

بدیهی است در مورد شدت جریانهای واقعی، جمع افت فشارهای هر حلقه برابر صفر است یعنی:

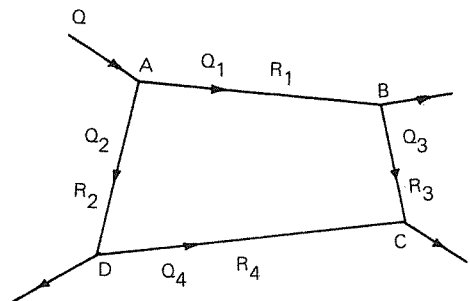
$$R_1 Q_1'^2 + R_3 Q_3'^2 - R_4 Q_4'^2 - R_2 Q_2'^2 = 0 \quad (2)$$

اگر در رابطه ۲ به جای Q'_1 تا Q'_4 از رابطه ۱ مقدار قرار دهیم و از بی‌نهایت کوچک‌های مرتبه دوم صرف‌نظر کنیم خواهیم داشت:

$$\delta Q = \frac{R_2 Q_2^2 + R_4 Q_4^2 - R_1 Q_1^2 - R_3 Q_3^2}{2(R_1 Q_1 + R_2 Q_2 + R_3 Q_3 + R_4 Q_4)} = - \frac{\sum \Delta P}{2 \sum (R Q)} \quad (3)$$

در محاسبه $\sum \Delta P$ در این فرمول فشار حاصل از باد بزن موجود در حلقه منفی، فشار تهویه طبیعی را بسته به این که در جهت یا مخالف جهت باد بزن باشد منفی یا مثبت، افت فشار شاخه‌هایی که حرکت هوا در آنها در جهت مثبت حلقه است مثبت و افت فشار شاخه‌های باجهت

در شبکه‌های با شاخه‌های آزاد^(۱) مشخصات کارهای معدنی^(۲) و بادبزن یا بادبزن‌ها در دست است و می‌خواهیم نحوه توزیع هوا در شاخه‌های مختلف را بررسی کنیم. به عبارت دیگر می‌خواهیم بدانیم که نصب باد بزن یا باد بزن‌های معین در این شبکه در شاخه‌های مختلف چه شدت جریان را در چه جهتی به جریان خواهد انداخت. مناسب‌ترین روش حل این شبکه‌ها روش هاردی - کروس^(۳) است که در زیر به شرح آن می‌پردازیم. برای تشریح مطلب، شکل ۱ را که قسمتی از یک شبکه تهویه را نشان می‌دهد در نظر می‌گیریم و می‌خواهیم بدانیم که اگر شدت جریان Q در نقطه A وارد شود، چگونگی توزیع آن در شاخه‌های مختلف به چه نحوی خواهد بود.



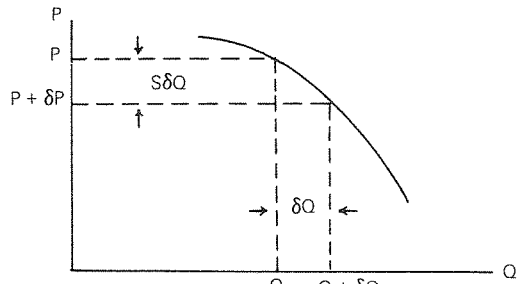
شکل ۱- شبکه فرضی برای استفاده از روش هاردی کروس (۱)

عکس رانمفی در نظر می‌گیرند.

در رابطه $\sum RQ^2$ جمع حاصلضرب مقاومت در شدت جریان شاخه‌ها صرفنظر از جهت مثبت یا منفی حرکت هوا در آنهاست.

در مورد حلقه‌های حاوی بادبزن نکته مهمی وجود دارد و آن این‌که بعد از هر بار تصحیح شدت جریان، نقطه عملکرد و بنابراین فشار حاصل از باد بزن نیز تغییر می‌کند. برای روشن شدن مطلب شکل ۲ را که نشان‌دهنده منحنی مشخصه بادبزن است، در نظر می‌گیریم. مطابق این شکل، اگر در فرض اول، شدت جریان شاخه Q باشد فشار حاصل از بادبزن P خواهد شد اما اگر در تکرار بعدی شدت جریان به $Q + \delta Q$ تغییر کند، فشار بادبزن نیز به $P + \delta P$ تغییر خواهد کرد و بین این دو رابطه زیر برقرار است.

$$\delta P = S \delta Q \quad (۴)$$



شکل ۲: منحنی مشخصه باد بزن (۲)

که در آن S شیب منحنی مشخصه بادبزن در حوالی نقطه عملکرد و ممکن است مثبت یا منفی باشد (در این مثال منفی است) بنابراین با توجه به اینکه فشار حاصل از بادبزن منفی منظور می‌شود لذا رابطه ۳ در حالت کلی خواهد شد.

$$\delta Q = - \frac{\sum \Delta P - S \delta Q}{2 \sum RQ} \quad (۵)$$

اگر رابطه را برای δQ حل کنیم خواهیم داشت:

$$\delta Q = \frac{\sum \Delta P}{2 \sum RQ - S} \quad (۶)$$

از آنجا که منحنی مشخصه تهویه طبیعی عملاً به صورت خط افقی است لذا در تمام تکرارها، می‌توان بدون خطای قابل توجهی برای آن مقدار ثابتی در نظر گرفت.

۲- اصول محاسبه شبکه‌های آزاد در جریان تراکم ناپذیر به کمک کامپیوتر

۱-۱- کلیات: به طوری که گفتیم، محاسبه شبکه‌های آزاد به روش دستی وقت زیادی را می‌گیرد و در عین حال دقت زیادی می‌خواهد که در محاسبات اشتباه نشود.

با استفاده از کامپیوتر می‌توان شبکه‌های بسیار پیچیده را در مدت زمان کوتاه و با دقت زیاد محاسبه کرد. برای این منظور بر اساس روش هاردی کروس برنامه‌ای به زبان فورترین توسط وانگ (۴) نوشته

شد. این برنامه بعداً "توسط آوری (۵) به زبان بیسیک ترجمه و توسط هال (۶) تصحیح شد. برنامه یاد شده برای سیستم آحاد انگلیسی تنظیم شده بود و نگارنده نیز اصلاحات زیر را در آن انجام داده است:

الف: تبدیل سیستم انگلیسی به سیستم متریک.

ب: اضافه کردن مقطع دوزنقه به برنامه که در مورد تونلهای ایران بسیار متداول است.

ج: محاسبه سطح مقطع کارهای معدنی.

د: مشخص کردن شاخه‌هایی که بایستی مقاومت آنها جداگانه محاسبه شود.

ه: محاسبه سرعت متوسط در شاخه‌های مختلف.

و: مشخص کردن شاخه‌هایی که در آنها سرعت بیش از حد مجاز است.

ز: تنظیم جدول اطلاعاتی برای شبکه‌ها.

برنامه مورد نظر شامل دو قسمت مختلف است. قسمت اول که به نام

1 VENTDAT نامگذاری شده است اطلاعات لازم را ثبت می‌کند و به برنامه اصلی تحت عنوان 1 MINVENT می‌دهد که این برنامه خواسته‌های مورد نظر را محاسبه می‌کند. نکته مهمی که بایستی مورد توجه قرار گیرد آن است که این برنامه برای جریان تراکم ناپذیر و بدون در نظر گرفتن تبادل حرارتی تنظیم شده است.

۲-۲- واحدها: واحد مشخصه‌های مختلف به شرح زیر است:

الف: شدت جریانها بر حسب متر مکعب در ثانیه

ب: فشار وافت فشارها بر حسب کیلوگرم بر متر مربع که معادل

میلی متر آب است.

ج: مقاومت های مختلف بر حسب مورگ

د: ضریب اصطکاک بر حسب ضریب اصطکاک سیستم متریک ضرب

در ۱۰۰۰.

ه: طولها بر حسب متر

۲-۳- مشخص کردن گره‌ها و شاخه‌ها: برای آماده کردن شبکه جهت

محاسبه به وسیله کامپیوتر، ابتدا بایستی تمام گره‌ها و شاخه‌ها را مشخص کرد. به عبارت دیگر بایستی تمام قسمت‌های شبکه را که در طول آنها مشخصات کار معدنی از قبیل شکل، سطح مقطع، ضریب اصطکاک و ...

ثابت است، صرفنظر از این که این قسمتها به حالت سری، موازی یا مختلط باهم ارتباط دارند به عنوان یک شاخه در نظر گرفت و آنرا با ۲ عدد که نشانگر گره‌های ابتدا و انتهای شاخه است مشخص کرد. هر

گره بایستی شماره ویژه‌ای داشته باشد ولی تمام گره‌های نشانگر سطح زمین تحت یک شماره واحد (معمولاً ۱) در نظر گرفته می‌شوند. به عنوان مثال شاخه‌ای شبکه تهویه‌ای که در شکل ۳ نشان داده شده در

شکل ۴ به خوبی مشخص شده است و به طوری که دیده می‌شود، شاخه‌های مرکب از دو یا چند شاخه سری، تحت عنوان یک شاخه در نظر گرفته شده است.

۲-۴: تعیین جهت جریان در شاخه‌ها: پس از مشخص کردن

شاخه‌ها، بایستی جهت جریان آنها را تعیین کرد. گرچه تعیین جهت جریان در بعضی از شاخه‌ها ساده است اما جهت جریان در تعدادی

از شاخه‌ها را نمی‌توان از ابتدا به طور صحیح مشخص کرد. این مطلب اشکالی را به وجود نمی‌آورد، زیرا برای این شاخه‌ها، جهت جریان

رضی در نظر گرفته می‌شود. اگر شدت جریان محاسبه شده مثبت بود، نشانه آن است که جهت درست انتخاب شده و در حالت عکس، جهت واقعی جریان در این شاخه برعکس حالت فرضی است. هر شاخه با دو عدد که نشان‌دهنده ابتدا و انتهای شاخه است مشخص می‌شود. ترتیب نوشتن این دو عدد بایستی در جهت حرکت هوا در آن شاخه باشد. به عنوان مثال شاخه‌های ۱، ۴ و ۸ در شکل ۴ به ترتیب با ۲-۱، ۳-۲ و ۴-۳ مشخص می‌شوند.

۴-۵ - مشخص کردن شاخه‌های با شدت جریان ثابت: ممکن است در شبکه شاخه‌هایی وجود داشته باشد که بخواهیم شدت جریان در آنها به میزان مشخصی باشد. این گونه شاخه‌ها را شاخه‌های با شدت جریان ثابت و یا به طور ساده‌تر، شاخه‌های ثابت می‌نامیم. در برنامه موجود از نقطه نظر تعداد شاخه‌های ثابت دو محدودیت زیر وجود دارد:

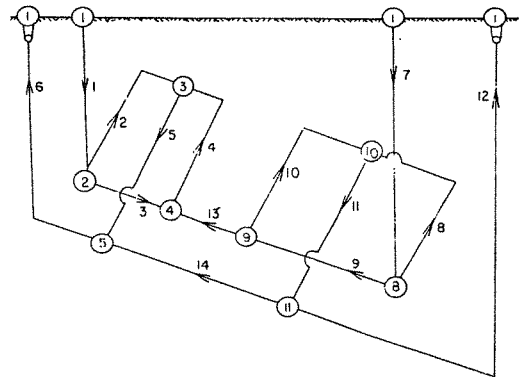
الف - مجموع تعداد شاخه‌های حاوی بادبزن و شاخه‌های با شدت جریان ثابت بایستی از تعداد حلقه‌های شبکه کمتر باشد.
تعداد حلقه‌های لازم به شرح زیر است: ۵
(۷) تعداد گره‌ها - تعداد شاخه‌ها = تعداد حلقه‌ها

بنابراین

(۸) تعداد گره‌ها - تعداد شاخه‌ها = تعداد شاخه‌های با شدت

جریان ثابت + تعداد شاخه‌های حاوی بادبزن

ب - در هر حلقه فقط می‌تواند یک شاخه حاوی بادبزن یا با شدت جریان ثابت وجود داشته باشد. پس از محاسبه شبکه، کامپیوتر مشخص خواهد کرد که برای داشتن شدت جریان ثابت در شاخه مورد نظر، در این شاخه چه فشار (به وسیله بادبزن) و یا افت فشاری (به وسیله در تنظیم کننده) بایستی تامین شود.



شکل ۳ - شبکه تهویه (۲)

۴-۶ - مشخص کردن شدت جریان ورودی به شاخه‌ها: با توجه به

منحنی مشخصه بادبزن و شدت جریان در شاخه‌های ثابت، شدت جریان اولیه شاخه‌ها مشخص می‌شود. بدیهی است این شدت جریانها، تقریبی است ولی در مورد این شدت جریانهای فرضی بایستی روابط کیرشرف صدق کند. ضمناً هر چقدر این شدت جریانها به واقعیت نزدیکتر باشد شبکه زودتر محاسبه خواهد شد.

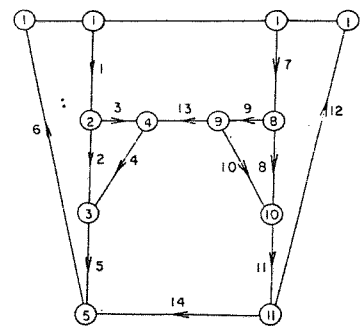
۴-۷ - مشخص کردن ضرایب نشت: در برنامه موجود، ضرایب نشت مختلفی در نظر گرفته شده است که بایستی آنها را مشخص کرد. این ضرایب رامی توان به دو گونه اصلی زیر تقسیم کرد:

الف: میزان نشت ثابت که اندازه آن ثابت و برای ورود و خروج از شاخه جداگانه منظور شده است. این نشت ممکن است مثبت (مثلاً ورود هوای فشرده‌ای که به مصرف دستگاهها بادی میرسد) و یا منفی (مثلاً مصرف هوا توسط کمپرسور موجود در شاخه) باشد.

ب: ضرایب نشت متغیر که میزان آن تابع شدت جریانی است که از شاخه می‌گذرد. از جمله این نشتها می‌توان نشت ناشی از وجود درهای تهویه، سدها و نظایر آن را نام برد. این ضرایب نیز برای نیمه اول و دوم شاخه جداگانه در نظر گرفته شده است.

۴-۸ - تعیین مشخصات و موقعیت بادبزنها: از آنجا که با توجه

به نشت، شدت جریان در قسمتهای مختلف شاخه یکسان نیست، لذا نقطه عمل کرد بادبزن بسته به این که در ابتدا، انتها و یا وسط شاخه باشد فرق می‌کند. موقعیت بادبزن رامی توان به وسیله کد ویژه‌ای مشخص کرد و شدت جریان مربوط به آن بسته به این که در ابتدا، انتها و یا وسط شاخه باشد، به ترتیب با Q_A ، Q_B ، Q_C بیان می‌شود. از سوی دیگر برای محاسبه خطای شدت جریان و تعیین نقطه عملکرد بایستی منحنی مشخصه بادبزن هر شاخه در دست باشد. این منحنیها در حوالی نقطه عمل کرد، به وسیله تعدادی نقطه با مشخصات P ، Q مشخص می‌شود. بدیهی است برای انتخاب این نقطه و تعیین مختصات



شکل ۴ - مشخص کردن شاخه‌های شبکه شکل

آنها بایستی منحنی مشخصه بادبزن در دست باشد و در صورتی که این منحنی در دست نباشد، بایستی با آزمایش بادبزن، آن را رسم کرد (به فصل بادبزنهای منبع یک مراجعه شود)

ذکر این نکته ضروری است که کامپیوتر، شیب منحنی مشخصه را از طریق درون تخمینی (۷) محاسبه می‌کند. برای مشخص کردن منحنی مشخصه بادبزن در برنامه موجود، تا ۱۰ نقطه پیش بینی شده است و در صورتی که بخواهیم تعداد نقاط را زیاد کنیم بایستی جدول پیش بینی شده را گسترش (۸) داد.

۲-۹ - تهویه طبیعی: اگر برنامه برای یک معدن موجود تنظیم می‌شود، فشار تهویه طبیعی را می‌توان با بررسی فشار سنجی محاسبه کرد و در صورتی که هنوز معدن احداث نشده است، بایستی آن را به طریق تئوری به دست آورد. ذکر این مطلب نیز ضروری است که در مورد معادنی که فشار، و احیاناً جهت تهویه طبیعی آنها در فصل‌های مختلف متفاوت است، شبکه می‌بایست برای فصول مختلف جداگانه محاسبه شود.

۲-۱۰ - (اطلاعات لازم برای محاسبه مقاومت شاخه‌ها: همان‌گونه که خواهیم دید، ممکن است مقاومت اصطکاکی و موضعی شاخه‌ها جداگانه محاسبه و به برنامه داده شود و یا این که مشخصات هندسی کارهای معدنی به انضمام ضریب اصطکاک داده شود و کامپیوتر خود آن را محاسبه کند. ذکر این نکته ضروری است که در مواردی که افت‌های موضعی با تغییر جهت جریان هوا در شاخه در حد قابل توجهی تغییر می‌کند، در مورد این شاخه‌ها، پس از تعیین جهت واقعی جریان بایستی مجدداً تصحیح شود.

۲-۱۱ - (اطلاعات لازم برای محاسبه افت فشار شاخه‌ها: با مشخص شدن شدت جریان و مقاومت شاخه‌ها، اطلاعات لازم برای محاسبه افت فشار شاخه‌ها در دست است. برای محاسبه افت اصطکاک از مقاومت اصطکاکی (R_C) و شدت جریان در وسط شاخه (Q_C) و برای محاسبه افت‌های موضعی در ابتدا و انتها، از مقاومت‌های موضعی ورودی و خروجی (R_A و R_B) و شدت جریان‌های ورودی و خروجی (Q_A و Q_B) استفاده می‌شود.

۳- نحوه استفاده از برنامه کامپیوتری برای محاسبه شبکه‌های آزاد

همان‌گونه که گفتیم برای محاسبه کامپیوتری شبکه‌های آزاد دو برنامه موسوم به برنامه داده‌ها (MINVENT 1) و برنامه اصلی (VENTDAT 1) تهیه شده که دیسکت آنها در دانشکده مهندسی معدن موجود است، برای محاسبه شبکه کافی است اطلاعات لازم را در برنامه داده‌ها بگنجانیم و پس از اجرای این برنامه، اطلاعات داده شده خود به خود به برنامه اصلی منتقل و این برنامه اجرا شده و نتایج در انتهای برنامه نوشته می‌شود. مراحل کار به شرح زیر است:

۳-۱- آماده کردن شبکه: پس از مشخص کردن تمام گره‌ها و شاخه‌های شبکه، شدت جریان و سایر مشخصات شاخه‌ها نیز در جدولی

درج و پس از آماده شدن این اطلاعات، سایر مراحل کار به شرح زیر انجام می‌شود:

۳-۲- (فرآیند خواندن برنامه داده‌ها: با قرار دادن دیسکت محتوی برنامه‌های VENTDAT 1 و MINVENT 1 برنامه MINVENT فراخواند (۱۵) می‌شود. در این برنامه ۴ پرونده (۱۱) اطلاعاتی به شرح زیر وجود دارد:

الف: پرونده ۱ موسوم به پرونده پارامترها که حاوی اطلاعات کلی برنامه است.

ب: پرونده ۲ موسوم به پرونده بادبزن‌ها که اطلاعات مربوط به بادبزن‌ها را در خود جای می‌دهد.

ج: پرونده ۳ موسوم به پرونده اصطکاک (۱۳) که اطلاعات مربوط به محاسبه مقاومت اصطکاکی شاخه را در بر می‌گیرد.

د: پرونده ۴ موسوم به پرونده شاخه‌ها (۱۴) که مهمترین پرونده اطلاعاتی است و کلیه مشخصات شاخه‌ها در آن ثبت می‌شود. از آنجا که برنامه داده‌ها، خود ۶۱۰ سطر دارد لذا کلیه اطلاعات بایستی از سطر ۶۱۰ به بعد درج شود.

نکته مهمی که بایستی به آن توجه شود آن است که ممکن است بعضی از شبکه‌ها، تمام اطلاعات مورد نیاز برنامه اطلاعاتی را نداشته باشند و یا این که این اطلاعات مورد نیاز نباشد. در این صورت با جای این داده‌ها، در سطر مربوطه صفر نوشته می‌شود. همچنین هر یک از واحدهای اطلاعاتی در برنامه با حروف یا حروف ویژه‌ای مشخص شده که در داخل پرانتز نقل شده است.

۳-۳- تکمیل کردن پرونده پارامترها (پرونده ۱): این پرونده به شرح زیر تکمیل می‌شود.

الف: نام برنامه که بایستی کلمه کوتاه (مثلاً "اسم معدن مورد نظر) باشد (TT\$).

ب: تعداد شاخه‌های شبکه (NB).

ج: تعداد گره‌های شبکه (NJ) در این مورد بایستی توجه شود که کلیه نقاط شبکه که با سطح زمین ارتباط دارند فقط یک شماره (ترجیحاً شماره ۱) مشخص می‌شوند و بنابراین در جمع گره‌ها فقط یکی از آنها به حساب می‌آید.

د: تعداد منحنی مشخصه بادبزن‌ها که بایستی در پرونده پارامترها وارد شود (NF).

اگر شبکه حاوی بادبزن نباشد، به جای این واحد اطلاعاتی، صفر گذاشته می‌شود.

ه: تعداد شاخه‌هایی که مقاومت آنها بایستی به وسیله کامپیوتر محاسبه شود (NR).

این تعداد ممکن است صفر (در موردی که مقاومت تمام شاخه‌ها مستقیماً به کامپیوتر داده شود) برابر تعداد شاخه‌ها (در صورتی که مقاومت تمام شاخه‌ها به وسیله کامپیوتر محاسبه شود) و یا بین این دو باشد.

و: حداکثر دفعات تکرار برای تعدیل افت فشار حلقه‌ها (%MH) به عبارت دیگر اگر خطای محاسبه شدت جریان به میزان مورد نظر (بندج) برسد، کامپیوتر تعدیل افت فشارهای حلقه را MH دفعه تکرار خواهد کرد. بدیهی است اگر قبل از MH دفعه تکرار، خطا به میزان مورد نظر

رسد، تکرار عملیات متوقف خواهد شد. اگر برای حداکثر دفعات تکرار عددی انتخاب نشده و به جای آن صفر گذاشته شود، کامپیوتر ن را برابر ۵ در نظر خواهد گرفت.

ز: حداکثر دفعات تکرار برای تعدیل شدت جریانها (MQ%) در این مورد نیز اگر عددی انتخاب نشود، کامپیوتر آنرا ۳۰ بار منظور خواهد کرد.

ح: حداکثر خطای مجاز برای شدت جریان شاخهها (AE) برحسب متر مکعب در ثانیه. اگر برای این حداکثر عددی انتخاب نشود، کامپیوتر آن را ۱/۵ متر مکعب در ثانیه در نظر خواهد گرفت.

۳-۴ تکمیل کردن پرونده بادبزنها (پرونده ۲): به تعداد بادبزنها موجود در شبکه بایستی سطرهایی در نظر گرفته شده و به شرح زیر تکمیل شود:

الف: نام و شماره بادبزنها (AF%) بهتر است بادبزنها را تحت عنوان بادبزنها (۱۵) بادبزنها ۲ و... نامگذاری کرد.

ب: تعداد نقاطی که منحنی مشخصه بادبزنها به وسیله آنها مشخص می شود (NP). همان گونه که گفته شد، در برنامه موجود برای هر بادبزنها حداکثر ۱۰ نقطه در نظر گرفته شده است و در صورتی که تعداد نقاط بیش از این باشد، قبلاً "بایستی پرونده را گسترش داد."

ج: شدت جریان نقاط یاد شده (QX) برحسب متر مکعب در ثانیه و فشار نظیر آنها (HY) برحسب میلیمتر آب به ترتیب نوشته می شود نکته مهم در این مورد آن است که نقاط یاد شده بایستی به ترتیب صعودی شدت جریانها درج شوند. به عبارت دیگر، ابتدا کمترین شدت جریان موجود، بعد فشار نظیر آن و در انتها، بزرگترین شدت جریان موجود و در نهایت فشار مربوط به آن درج می شود.

۳-۵ تکمیل کردن پرونده ضریب اصطکاک (پرونده ۳): به تعداد شاخههایی که مقاومت اصطکاک آنها بایستی به وسیله کامپیوتر محاسبه شود، سطرهایی در نظر گرفته شده و به شرح زیر تکمیل می شود. ذکر این نکته ضروری است که در این مرحله، مقاومت اصطکاک واحد طول شاخه محاسبه شده و در مرحله بعد، مقاومت کلی آنها از حاصل ضرب این مقاومت در طول شاخه محاسبه می شود.

الف: شماره شاخه (RI%)

ب: ضریب اصطکاک (FK) از آنجا که مقاومتها همه برحسب مورگ به کامپیوتر داده می شود و کامپیوتر به هنگام محاسبه افت فشار، آنها را به کیلو مورگ تبدیل می کند، لذا برای آن که مقاومت واحد طول شاخه نیز بر حسب مورگ محاسبه شود، ضریب اصطکاک FK برحسب ضریب اصطکاک سیستم متریک ضرب در ۱۰۰۰ درج می شود.

ج: شکل مقطع شاخه (BSS) بدین منظور بسته به اینکه شکل مقطع شاخه دایره، دوزنقه و یا چهار ضلعی (مربع یا مستطیل) باشد، به ترتیب حروف R, T, C نوشته می شود.

د: بسته به شکل مقطع شاخه، قطر (در مورد مقطع دایره) یا قاعده (در مورد مقاطع چهار ضلعی) و قاعده متوسط یعنی میانگین قاعدههای بالا و پائین (در مورد مقاطع دوزنقه) برحسب متر نوشته می شود (W).

ه: ارتفاع مقطع بر حسب متر (H) در مورد مقاطع دایره صفر نوشته می شود.

ز: طول ساق مقطع برحسب متر (SI) در مورد مقاطع غیر دوزنقه

صفر نوشته می شود.

۳-۶ تکمیل کردن پرونده شاخهها (پرونده ۴): به تعداد شاخههای شبکه، سطرهایی در نظر گرفته شده و به شرح زیر تکمیل می شود:

الف: شماره گره ابتدای شاخه (JA). در این مورد بایستی دقت کرد که ابتدای شاخه بستگی به جهتی دارد که برای حرکت هوا در آن شاخه فرض شده است. به عنوان مثال، در شکل ۴ چون جهت حرکت هوا در شاخه ۳-۴ از ۴ به طرف ۳ در نظر گرفته شده، لذا ابتدای شاخه گره ۴ و انتهای آن گره ۳ است.

ب: شماره گره انتهای شاخه (JB):

ج: تعداد شاخههای موازی و هم مقاومت بین گرههای ابتدا و انتهای شاخه (PB%). بایستی توجه داشت که این مورد فقط در مواردی به کار می رود که دو یا چند شاخه موازی با مقاومت مساوی بین JA و JB وجود داشته باشد. اگر مقاومت شاخههای موازی متفاوت باشد، بایستی آنها را به عنوان شاخههای جداگانه در نظر گرفت. در مواردی که بین دو گره فقط یک شاخه (یا شاخههای موازی با مقاومت مختلف) موجود باشد، به جای این واحد اطلاعاتی عددی نوشته می شود.

د: شماره بادبزنها موجود در شاخه (FI%).

ه: موقعیت بادبزنها در شاخه (FP%). بسته به این که بادبزنها ابتدائاً و یا توسط شاخه نصب شده باشد، اعداد ۰، ۱ و ۲ نوشته می شود که نشانه آن است که بادبزنها به ترتیب با شدت جریانهای Q_B و Q_C کار می کنند.

و: شماره شاخه در صورتی که مقاومت آن بایستی به وسیله کامپیوتر محاسبه شود (RI%). بدیهی است عددی که در این قسمت نوشته می شود، همان عدد مربوط به شاخه در پرونده ۳ است.

ز: طول شاخه بر حسب متر (BL)

ح: مقاومت اصطکاک شاخه برحسب مورگ (RC). بدیهی است این عدد فقط در مورد شاخههایی نوشته می شود که مقاومت اصطکاک آنها مستقیماً و بدون محاسبه توسط کامپیوتر وارد می شود.

ط: مقاومت موضعی ورودی شاخه برحسب مورگ (RA).

ی: مقاومت موضعی خروجی شاخه برحسب مورگ (RB).

ص: فشار تهویه طبیعی موجود در شاخه برحسب میلیمتر آب (NV) اگر جهت تهویه طبیعی از JA به JB باشد، علامت تهویه طبیعی مثبت و در غیر این صورت منفی در نظر گرفته می شود. ذکر این نکته ضروری است که معمولاً فشار تهویه طبیعی کلی معدن فقط برای یک شاخه در نظر گرفته می شود.

ع: شدت جریان فرضی ورودی به شاخه بر حسب متر مکعب در ثانیه (QA). با توجه به آن که گرههای ابتدایی و انتهایی شاخه در جهت مثبت حرکت هوا در آن در نظر گرفته می شود لذا علامت Q_A مثبت است و در مورد بعضی از شاخهها ممکن است صفر باشد. اگر شاخه حاوی n شاخه موازی هم مقاومت که شدت جریان فرضی هر کدام Q_A است باشد، به جای Q_A ، nQ_A نوشته می شود.

ف: وضعیت شاخه از نظر ثابت بودن یا آزاد بودن شدت جریان (FQ%). اگر قرار است شدت جریان شاخه ثابت باشد، حرف Y و در غیر این صورت حرف N نوشته می شود.

ظ: ضریب نشت متغیر در نیمه اول شاخه (VA). این ضریب بر حسب کسر واحد نوشته می شود و مقدار آن ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد. به عنوان مثال، اگر ضریب نشت در نیمه اول شاخه ۲۵

1- ASHRAE Handbook. American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineering, Inc. — 1985
 2- Hartman, Howard, L. Mine Ventilation and Air Conditioning John Wiley and Sons, Inc, 1982

۶- مدنی، حسن. تهویه پیشرفته. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. جزوه درسی ۱۳۶۷.

درصد و منفی است، این ضریب $0/25$ - نوشته می شود و بدان معنی است که شدت جریان متوسط شاخه (Q_c) کمتر از هوای ورودی و برابر $0/25=0/75$ آن است.

ک: میزان نشت ثابت در ورود به شاخه برحسب مترمکعب در ثانیه (CA). این نشت ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد.

ل: ضریب نشت متغیر در نیمه دوم شاخه (VB). این ضریب نیز بر حسب کسر واحد نوشته می شود و ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد.

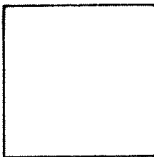
م: میزان نشت ثابت در خروج از شاخه برحسب متر مکعب در ثانیه (CB).

این نشت نیز ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد.

ن: سطح مقطع شاخه برحسب متر مربع (A). این واحد فقط در موردی نوشته می شود. که سطح مقطع شاخه مستقیماً به کامپیوتر داده شود. در مورد شاخه هایی که مشخصات هندسی آنها در پرونده ۳ درج شده است، سطح مقطع به وسیله کامپیوتر محاسبه و جایگزین می شود.

پس از تکمیل کلیه پرونده ها، ابتدا برنامه تحت نام ویژه ای ضبط و آنگاه اجرا^(۱۷) می شود و پس از اجرا نتایج محاسبه در چاپگر درج می شود.

پادرمی:



1. Free Splitting Networks.
2. Mine Workings.
3. Hardy Cross Method.
4. Y.J.Wang
5. C. Avery
6. C. J. Hall
7. Interpolation
8. Dimension
9. Pressure Survey
10. Load
11. File
12. Parameters
13. Friction
14. Branch
15. Fan 1
16. Save
17. Run

منابع:

۱- مدنی، حسن. تهویه در معادن. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی - تهران - ۱۳۶۶

2- Hall, C. J. Mine Ventilation Engineering. S.M.E. Inc — 1981
 3- Hall, C. J. A Short Course on Mine Ventilation Surveying College of Mine, University of Idaho, 1983