

روش محاسبه حجم مخازن تحت فشار آب شرب

نویسنده مطلب: فرشاد سرایی / مدیر مهندسی شرکت پتروپالامحور



در طراحی سیستم های خاص آبرسانی مانند ساختمان های بلند مرتبه، شهرک های مسکونی و صنعتی، ساختمان هایی که دسترسی به شبکه آب شهری ندارند و سایر موارد مشابه، مهندس طراح ناچار است مخزن ذخیره آب پیش بینی نموده و جهت تامین هد و دبی مورد نیاز مصرفی از سیستم پمپاژ استفاده نماید. در چنین مواقعی معمولاً دو گزینه در مقابل طراح قرار دارد:

اول استفاده از سیستم پمپاژ و مخزن هوایی (در ارتفاع) می باشد که در این روش پمپ ها در فواصل زمانی متناسب با مصرف روشن شده و مخزن هوایی را پر می کنند و سپس آب از مخزن هوایی بواسطه نیروی ثقل

به نقاط مصرف جاری می شود. در این سیستم پمپ ها فرمان روشن یا خاموش شدن خود را از یک یا چند کنترل کننده سطح (Level Control) نصب شده در مخزن هوایی دریافت می کنند.

اما در مواردی بعلاوه محدودیت های اجرائی مثل عدم امکان استقرار مخزن هوایی در قسمت بام ساختمان به علت وزن قابل توجه و محدودیت های سازه ای ، کوچک شدن حجم مخزن هوایی در شهرک های کوچک و عدم توجیه اقتصادی نصب چنین مخازنی و یا سایر محدودیتها، امکان اجرای گزینه اول وجود ندارد.

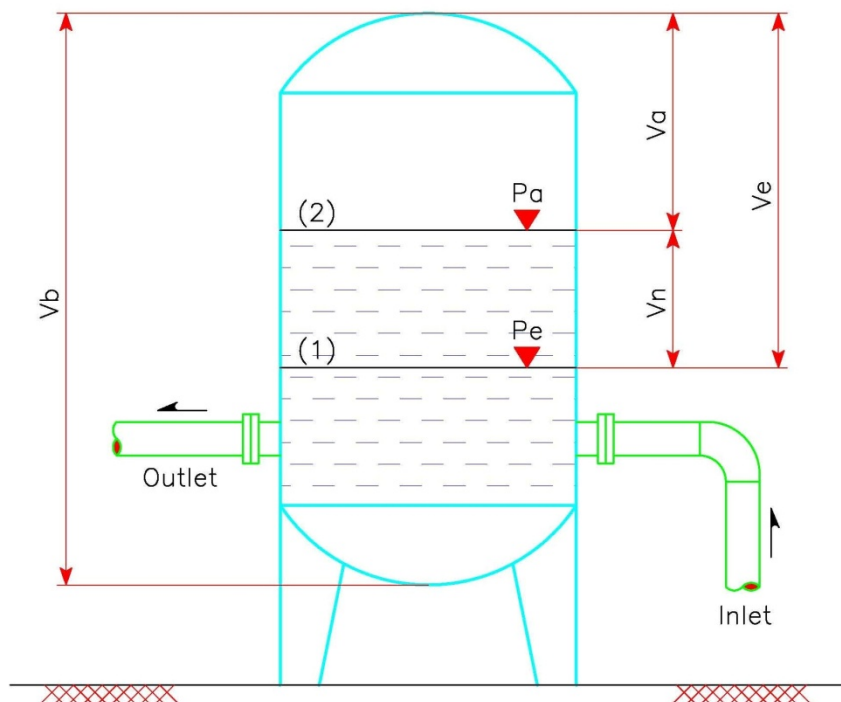
بدیهیست که استفاده مستقیم از پمپ نیز در موارد فوق منطقی نمی باشد. زیرا اولاً روشن و خاموش شدن پی در پی پمپ بر اثر تغییرات لحظه ای مصرف آب موجب گرم شدن و کاهش عمر مفید موتور و استهلاک زود هنگام آن می گردد ضمن اینکه ایجاد ضربه قوچ در شبکه لوله کشی و تغییر فشارهای ناگهانی و ناخوشایند در مبادی مصرف ، از دیگر تبعات آن می باشد.

در چنین مواردی مهندسین طراح تاسیسات به عنوان یک روش کلاسیک استفاده از مخازن تحت فشار را در دستور کار قرار می دهند.

مخازن تحت فشار به مخازنی اطلاق میگردد که در آنها با استفاده از فشار هوای متراکم حاصل از یک کمپرسور سطح آب بین (۱) و (۲) تغییر می کند. شکل شماره (۱) شماتیک یک مخزن تحت فشار را نمایش می دهد.

همانگونه که در این شکل مشخص میباشد قسمت فوقانی مخزن با هوای فشرده انباشته شده است. آب مصرفی توسط یک لوله از سیستم پمپاژ وارد مخزن شده و توسط لوله دیگری خارج میگردد. چنانچه در اثر مصرف ، سطح آب داخل مخزن تا سطح (۱) پایین بیاید در این حالت فشار هوای داخل مخزن به حداقل میزان پیش بینی شده می رسد و با فرمان یک سنسور فشاری (Pressure Switch) نصب شده بر روی مخزن پمپ های آبرسانی راه اندازی می شوند. در حین کار پمپ ها بخشی از آب مصرف شده و مقدار مازاد آن در مخزن ذخیره میگردد تا آنجا که آب داخل مخزن مجدداً به سطح شماره (۲) میرسد که در این حالت

فشار هوای داخل مخزن به حداکثر مقدار پیش بینی شده خواهد رسید و با فرمان سنسور فشاری پمپ ها خاموش می شوند و این سیکل در فواصل زمانی معین تکرار میگردد.



شکل شماره ۱

به این ترتیب با استفاده از مخازن تحت فشار تعداد دفعات روشن و خاموش شدن پمپ و همچنین میزان نوسانات فشار در شبکه مصرف کاهش می یابد.

اما چگونه باید حجم مناسب مخازن تحت فشار را برای سیستمهای مختلف محاسبه نمود؟ در این رابطه مراجع مختلفی روشهایی را پیشنهاد نموده اند که بعضاً روشهای تقریبی می باشد. به عنوان مثال یک روش تخمینی برای محاسبه حجم مخزن تحت فشار در نظر گرفتن ۳۰۰ گالن به ازای هر ۱۰۰۰ فوت مربع مساحت ساختمان می باشد. لیکن آنچه در ذیل مطرح خواهد شد یک روش محاسباتی دقیق است که مهندسین طراح میتوانند با ضریب اطمینان بالا در محاسبات خود از آن استفاده نمایند.

پیش از انجام مراحل محاسباتی لازم است پارامترهای مورد استفاده تعریف گردد که به شرح ذیل می باشد :

۱- V_n : حجم مفید مخزن

۲- V_a : حجم هوای فشرده

۳- V_e : مجموع حجم مفید و حجم هوای فشرده

۴- V_b : حجم کلی مخزن

۵- P_a : فشار هوا در حالت بیشینه

۶- P_e : فشار هوا در حالت کمینه

۷- Q_p : دبی پمپ پرکن مخزن (ثابت)

۸- Q_m : دبی مصرف (ثابت)

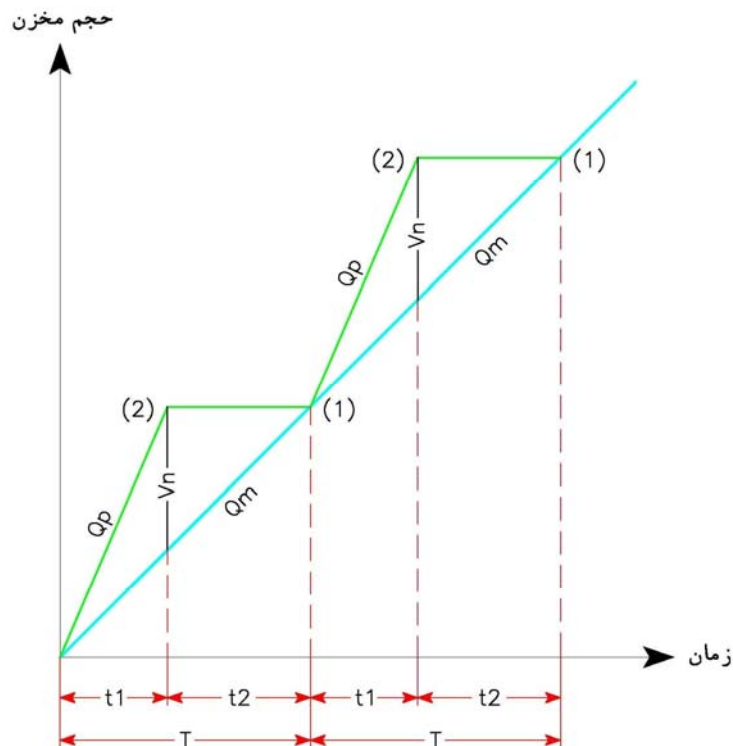
۹- t_1 : زمان پر شدن مخزن (کارکرد پمپ)

۱۰- t_2 : زمان خالی شدن مخزن (خاموشی پمپ)

۱۱- T : دوره تناوب پر و خالی شدن مخزن

حال چنانچه رژیم کارکرد پمپ و رژیم مصرف آب را برای یک مخزن تحت فشار در یک نمودار بر اساس

حجم و زمان ترسیم کنیم، نموداری مطابق شکل (۲) خواهیم داشت :



شکل شماره ۲

$Vn = (Qp - Qm). t1$ در حالت پر شدن مخزن (کارکرد پمپ):

$Vn = Qm. t2$ در حالت خالی شدن مخزن (خاموشی پمپ):

$T = t1 + t2$ همانطور که گفتیم T دوره تناوب است لذا:

$$T = \frac{Vn}{Qp - Qm} + \frac{Vn}{Qm} \rightarrow T = Vn \left(\frac{Qp}{Qm \cdot Qp - Qm^2} \right)$$

بنابراین می توان حجم مفید مخزن را از رابطه ذیل محاسبه نمود:

$$\boxed{Vn = \frac{T}{Qp} (Qm \cdot Qp - Qm^2)}$$
 معادله (۱)

اما جهت طراحی صحیح ابعاد مخزن تحت فشار باید ملاحظات اقتصادی را نیز منظور نمود و این در صورتی محقق میگردد که تعداد دفعات روشن و خاموش شدن پمپ را به حداقل برسانیم. به عبارت دیگر میبایستی

حجم مفید مخزن را نسبت به دبی مصرف (Q_m) در حالت ماکزیمم قرار دهیم. جهت نیل بدین مقصود از معادله بدست آمده نسبت به دبی مصرف (Q_m) مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار می دهیم:

$$\frac{d(V_n)}{d(Q_m)} = \frac{T}{Q_p} (Q_p - 2Q_m) = 0 \rightarrow$$

$$Q_p - 2Q_m = 0 \rightarrow \boxed{Q_p = 2Q_m}$$

حال با جایگذاری مقدار حاصله در معادله (۱) مقدار ماکزیمم حجم مفید مخزن را محاسبه میکنیم:

$$V_n(max) = \frac{T \cdot Q_p}{4}$$

$$V_n = V_e - V_a$$

از طرفی می دانیم که:

$$V_a \cdot P_a = V_e \cdot P_e$$

با توجه به رابطه گازها در فرآیند ایزوترم (همدمما):

$$\rightarrow V_e = \frac{T \cdot Q_p \cdot P_a}{4(P_a - P_e)}$$

در عمل جهت محاسبه حجم کلی مخزن تحت فشار ضریب اطمینانی معادل ۳۰٪ در نظر می گیریم یعنی: $V_b = 1.3V_e$ و لذا خواهیم داشت:

$$\boxed{V_b = 0.325 \left(\frac{T \cdot Q_p \cdot P_a}{P_a - P_e} \right)}$$

در معادله فوق می توان با انتخاب مناسب پارامترهای دوره تناوب ، دبی پمپ ، حداقل فشار هوای داخل مخزن و حداکثر فشار هوای داخل مخزن، حجم کلی مخزن تحت فشار را محاسبه نمود. دوره تناوب باید به گونه ای انتخاب شود که تعداد دفعات روشن و خاموش شدن پمپ بیش از یکبار در هر ۱۵ الی ۳۰ دقیقه نباشد و با توجه به محدودیت تحمل فشار در شبکه های آبرسانی معمولاً این مخازن برای فشار ۴ تا ۶ اتمسفر ساخته می شوند. همچنین باید به این نکته توجه داشت که حجم مخازن تحت فشار در کمترین حالت نباید از ۱۰۰ لیتر کمتر باشد لیکن میتواند به چندین متر مکعب نیز بالغ گردد.

چنانچه در معادله بدست آمده از واحدهای متریک (SI) استفاده شود حجم مخزن تحت فشار بر حسب متر مکعب بدست خواهد آمد.

مراجع :

Water Supply Engineering / By: H.E.Babit, J.J. Doland, J.L.Cleasby

-۱

۲- محاسبات تاسیسات ساختمان / ترجمه و تالیف: مهندس سید مجتبی طباطبائی

www.petropalamehvar.com