

# THỰC TRẠNG CẤP NƯỚC CHO NHÀ CAO TẦNG Ở ĐÀ NẴNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẤP NƯỚC PHÙ HỢP

## WATER SUPPLY FOR HIGH BUILDINGS IN DANANG AND PROPOSALS FOR APPROPRIATE WATER SUPPLY

Mai Thị Thùy Dương

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; maiduongbkmt@gmail.com

**Tóm tắt** - Nhà cao tầng là một công trình đòi hỏi trang bị nhiều hệ thống kỹ thuật trong đó có cấp nước. Bài báo đề xuất giải pháp thiết kế, tính toán hệ thống cấp nước cho nhà cao tầng thông qua việc nghiên cứu sự kết hợp giữa cấp nước phân vùng, bơm biến tần và máy điều áp nhằm tối ưu hóa hệ thống cấp nước cho nhà cao tầng và giải quyết các vấn đề liên quan như áp lực không đảm bảo, việc ảnh hưởng của hệ thống cấp nước đến kết cấu, mỹ quan của công trình đồng thời làm tăng chi phí điện năng. Kết quả này có thể được sử dụng trong việc thiết kế, lựa chọn hệ thống cấp nước cho nhà cao tầng cũng như các thiết bị kèm theo. Từ đó, nghiên cứu bổ sung, hoàn thiện tiêu chuẩn cấp nước cho nhà cao tầng phù hợp với điều kiện ở Đà Nẵng cũng như ở Việt Nam.

**Từ khóa** - Cấp nước; nhà cao tầng; phân vùng; bơm biến tần; máy điều áp.

### 1. Đặt vấn đề

Trên cơ sở quy hoạch chung, Đà Nẵng cũng như các thành phố lớn ở Việt Nam đang nghiên cứu thay đổi mô hình nhà ở cho phù hợp với một đô thị hiện đại: Trung tâm thành phố sẽ chuyển dần mô hình nhà thấp tầng sang nhà cao tầng, là nhà và các công trình công cộng có chiều cao từ 25m đến 100m (tương đương 10 đến 30 tầng) [1], giảm mật độ dân số, để tiết kiệm đất, dành đất xây dựng các không gian công cộng như cây xanh, đường giao thông. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật thì ngành xây dựng cũng có những bước tiến rõ rệt. Nhiều công trình nhà cao tầng với kiến trúc đồ sộ xuất hiện khắp nơi, ngày càng đáp ứng tốt hơn nhu cầu nơi ở và nơi làm việc của người dân. Tuy nhiên, một trong những vấn đề còn tồn tại trong việc xây dựng các nhà cao tầng đó là hệ thống cấp nước (HTCN). HTCN còn gặp một số vấn đề phức tạp và những sự cố liên quan đến cấp nước thường xuyên xảy ra như áp lực nước không đảm bảo, phân phối nước không đều, cũng như các công trình liên quan đến HTCN thường ảnh hưởng lớn đến kết cấu, mỹ quan kiến trúc công trình (kết nước, bể chứa), đồng thời chi phí điện năng cho HTCN hiện tại thường khá cao...

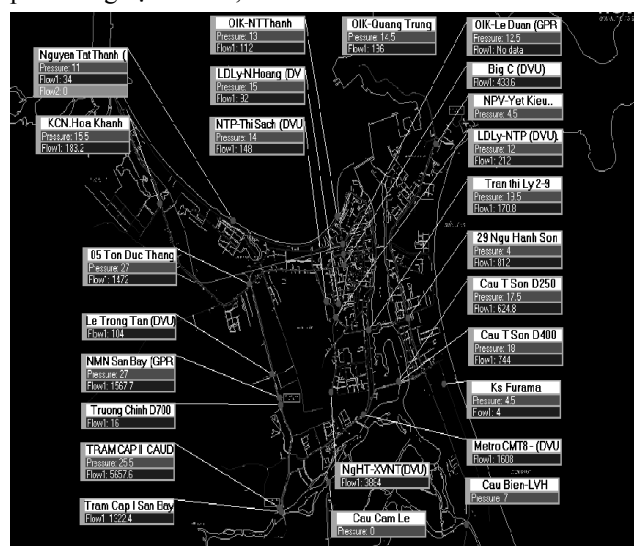
#### 1.1. Hiện trạng cấp nước cho nhà cao tầng ở Đà Nẵng

Khi thiết kế HTCN cho một công trình, vấn đề quan trọng nhất và cần phải tính đến trước hết là lưu lượng nước và áp lực nước trong hệ thống đường ống cấp nước của thành phố (TP). Đối với các khu nhà thấp tầng (4- 5 tầng) ở các nước, HTCN TP thường được thiết kế đủ áp lực để đưa tới mọi căn hộ ở cao nhất, xa nhất. Trong khi đó ở Việt Nam, áp lực nước trong đường ống truyền dẫn thường không vượt quá 4 Kg/cm<sup>2</sup> ở đầu mạng và đến mạng dịch vụ áp lực còn khoảng 2 kg/cm<sup>2</sup> ở một số khu vực, hầu hết các khu vực còn lại trong TP áp lực dư chỉ còn nhỏ hơn 1kg/cm<sup>2</sup> đủ để cung cấp nước vào các bể chứa của từng công trình.

**Abstract** - High buildings are constructions that require equipping with many engineering systems including water supply system. The paper proposes the design solutions, calculation of water supply systems for high buildings through research combining partition water supply, variable-speed pumps and pressurized machines to optimize water supply systems for high buildings and solve related problems such as pressure uncertainty, the impact of water supply systems on structure and aesthetics of the building as well as high energy costs. The result can be used in the design and selection of water supply systems for high buildings as well as accompanying devices. Then, additional studies are conducted to improve water supply standards for high buildings in accordance with the conditions in Danang, as well as in Vietnam.

**Key words** - Supply water; high building; partition; variable-speed pump; pressurized machine.

Tại TP Đà Nẵng: Dùng từ mạng lưới cấp nước đường phố với bể chứa nước và trạm bơm tăng áp. Ngoài ra mỗi chung cư đều có chung bể chứa nước, các hộ gia đình thường có máy bơm và két nước riêng. Vào các giờ cao điểm, có những khu vực áp lực nước trung bình rất thấp, thấp hơn nhiều so với yêu cầu như khu vực quận Sơn Trà, hay gần các khu resort thuộc quận Ngũ Hành Sơn áp lực nước có khi xuống 3-5m (Hình 1). Để đáp ứng yêu cầu cấp nước thì mỗi hộ gia đình cũng như mỗi công trình bắt buộc phải trang bị bể chứa, bơm và két nước.



Hình 1. Áp lực nước một số điểm tại TP Đà Nẵng năm 2012

(Nguồn: Công ty TNHH MTV Cấp nước Đà Nẵng)

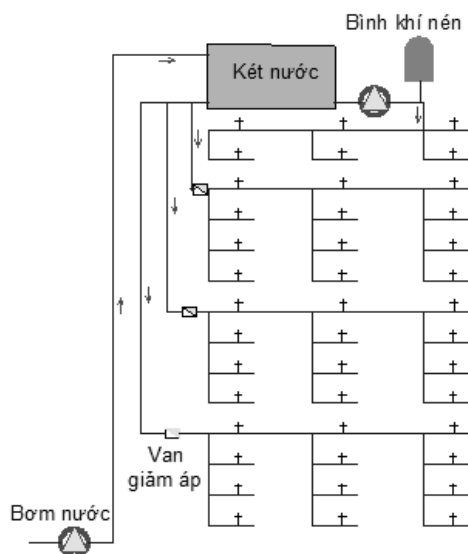
Các nhà cao tầng yêu cầu lưu lượng lớn và đặc biệt cột áp rất lớn. Vì vậy, cùng với HTCN bên ngoài, mỗi toà nhà cao tầng ở Đà Nẵng như Khách sạn Novotel Sông Hàn, công viên phần mềm Softtech (Quang Trung), tòa nhà Indochina

Riverside (Bạch Đằng), hay căn hộ cao ốc 34 tầng Azura (Trần Hưng Đạo)... thường phải chọn sơ đồ cấp nước không phân vùng có bể chứa, trạm bơm tầng áp và kết nước. Với sơ đồ này, nước được bơm lên kết, sau đó từ kết cấp nước cho toàn bộ toàn nhà. Cứ 4 - 5 tầng được phân thành một khu vực, nước từ bể chứa được bơm đặt ở tầng hầm bơm lên kết nước đặt ở tầng mái, ống phân phối nước từ trên mái cấp xuống các tầng nhà theo từng vùng riêng biệt. Trong từng khu vực cấp nước của nhà cao tầng, phải thiết kế và lắp đặt các thiết bị điều chỉnh sao cho áp lực tự do của các thiết bị lấy nước được ổn định, tránh áp lực dư quá cao.

Ngoài việc cấp nước sinh hoạt, còn phải giải quyết cấp nước chữa cháy.

Đối với công trình nhà cao tầng, rất nhiều vấn đề cần giải quyết trong quá trình thiết kế HTCN. Công trình càng nhiều tầng bao nhiêu thì các yêu cầu đặt ra phải giải quyết càng phức tạp bấy nhiêu.

Phần lớn các công trình cao tầng tại TP Đà Nẵng đều sử dụng sơ đồ cấp nước như Hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ cấp nước điển hình

#### 1.1.1. HTCN cho khách sạn Novotel Sông Hàn



**Hình 3.** Hình ảnh kết nước ở tầng thượng của khách sạn Novotel sông Hàn

- Khách sạn Novotel Sông Hàn gồm 36 tầng, được chia thành 8 vùng cấp nước, với 2 khu vực cấp nước. Từ tầng 7 đến tầng 31 là khu căn hộ chung cư cao cấp có 5 vùng cấp nước mỗi vùng cấp cho 5 tầng.

- 5 vùng cấp nước bên dưới đều sử dụng van giảm áp đầu mỗi nhánh để giảm bớt áp lực cho các thiết bị vệ sinh (TBVS). Ngoài ra, 3 tầng trên cùng phải sử

dụng thêm thiết bị tăng áp để đảm bảo yêu cầu cấp nước, thiết bị sử dụng là bơm và máy điều áp.

- Sơ đồ cấp nước của khách sạn Novotel Sông Hàn gồm 2 bể chứa, 2 trạm bơm và 2 kết nước trên mái với thể tích các kết lần lượt là 220 m<sup>3</sup> và 180 m<sup>3</sup> cấp nước cho toàn bộ công trình với 2 khối cấp nước song song nhau.

- HTCN nóng cho toàn bộ công trình là HTCN cục bộ. Trong một vùng cấp nước, cứ 1 đến 2 ống đứng sẽ sử dụng chung 1 bình nước nóng.

##### 1.1.2. HTCN công trình Vĩnh Trung Plaza

- Sơ đồ cấp nước cho Vĩnh Trung Plaza được chia thành 2 sơ đồ riêng biệt, khối chung cư và khối văn phòng cho thuê:

+ Khối chung cư gồm 12 tầng được chia thành 4 vùng cấp nước. Vùng I từ tầng 5 - 7, vùng II từ tầng 8 - 10, vùng III từ tầng 11 - 13, và vùng IV từ tầng 14 - 16.

+ Khối văn phòng cho thuê gồm 8 tầng được chia thành 2 vùng cấp nước. Vùng I từ tầng 5 - 8, vùng II từ tầng 9 - 12.

- Sơ đồ cấp nước gồm 2 bể chứa, 2 trạm bơm và 2 kết nước với thể tích các kết lần lượt là 160 m<sup>3</sup> và 180 m<sup>3</sup>.

##### 1.1.3. HTCN khách sạn Mercure – Đảo Xanh

Khách sạn Mercure – Đảo Xanh quy mô 22 tầng - 300 phòng.

Sơ đồ cấp nước gồm có 1 bể chứa thể tích 400 m<sup>3</sup>, trạm bơm và kết nước trên mái. Nước được bơm lên kết nước trên mái, sau đó cung cấp cho các tầng bên dưới. Sơ đồ gồm có 6 ống đứng với 6 vùng cấp nước:

- Vùng I: Ống đứng 1 cấp nước cho tầng hầm và tầng 1-4. Ống đứng có đặt 1 van giảm áp tại tầng 5.

- Vùng II: Ống đứng 2 cấp nước cho tầng 6 - 10, van giảm áp đặt tại tầng 11.

- Vùng III: Ống đứng 3 cấp nước cho tầng 11 - 14, van giảm áp đặt tại tầng 15.

- Vùng IV: Ống đứng 4 cấp nước cho tầng 15 -16, van giảm áp đặt tại tầng 17.

- Vùng V: Ống đứng 5 cấp nước cho tầng 17 - 18, không có van giảm áp.

- Vùng VI: Ống đứng 6 cấp nước cho tầng 19 - 21, sử dụng thêm máy bơm tăng áp và bình khí nén để đảm bảo áp lực nước cho các TBVS từ tầng 19-21 hoạt động với áp lực đảm bảo.

Toàn bộ công trình sử dụng một kết nước trên mái với thể tích 120 m<sup>3</sup>.

#### 1.2. Những tồn tại của HTCN cho nhà cao tầng

Việc chia thành nhiều vùng cấp nước như nhiều HTCN cho nhà cao tầng ở Đà Nẵng cũng như ở Việt Nam hiện nay đã giải quyết được vấn đề kỹ thuật, tức là đã có thiết bị giảm áp riêng cho từng vùng, khi đó chỉ còn độ chênh áp lực giữa các tầng trên và tầng dưới cùng của vùng nhưng sự chênh lệch nằm trong giới hạn cho phép. Riêng các tầng trên cùng, tùy theo cao độ đặt kết, nếu áp lực tự do tại các vòi nước của TBVS không đủ 3m cột nước theo yêu cầu tối thiểu của quy phạm thì phải trang bị thêm hệ thống bơm có thùng khí nén để đảm bảo cấp nước cho các tầng sát mái này. Với nhà cao tầng, không thể dùng sơ đồ hệ thống có ống đứng chung cho tất cả các tầng như các loại nhà thấp tầng.

Phương án cấp nước dùng kết nước trên mái, có hệ thống

các ống đứng cấp nước xuống cho các khu vực và van giảm áp cho từng khu vực cũng như sơ đồ cấp nước có sử dụng van giảm áp ở các tầng (Hình 2) đã giải quyết được vấn đề phân phối nước đều và khử áp lực dư, nhưng lại tồn tại một vấn đề rất lớn về chi phí điện năng cho máy bơm. Máy bơm phải được lựa chọn hoặc lắp đặt sao cho đủ áp lực đưa nước lên kết nước, sau đó đưa nước xuống tất cả các tầng bên dưới, điện năng tiêu thụ sẽ rất lớn, không kinh tế. Trong khi đó, các vùng cấp nước bên dưới yêu cầu áp lực nhỏ hơn thì lại phải khử áp lực dư bằng các van giảm áp cho từng vùng như vậy là bất hợp lý. Một HTC� hợp lý là hệ thống vừa đảm bảo giá thành xây dựng (Gxd) thấp vừa đảm bảo chi phí vận hành, điện năng để bơm nước - giá thành quản lý (Gql) nhỏ để có giá dịch vụ cấp nước thấp nhất.

Vì vậy, sơ đồ cấp nước không phân vùng, chỉ có một kết nước đặt trên mái chưa đáp ứng được yêu cầu về mặt kinh tế. Thực tế cho thấy giá thành quản lý (điện năng để bơm nước) trong suốt thời gian sử dụng là rất lớn. Ngoài ra, với sơ đồ cấp nước hiện tại thì thể tích kết nước rất lớn, như tại khách sạn Novotel Sông Hàn với 2 kết nước và thể tích lần lượt là 180 m<sup>3</sup> và 220m<sup>3</sup>, tại Vĩnh Trung Plaza là 160 m<sup>3</sup> và 180m<sup>3</sup> hay tại khách sạn Mercure là 120m<sup>3</sup>. Việc xây dựng kết nước vừa có chi phí xây dựng, chống thấm lớn đồng thời ảnh hưởng đến kết cấu của công trình, đặc biệt ở Đà Nẵng là khu vực thường xuyên xảy ra bão lớn. Vì vậy, sơ đồ cấp nước có kết lớn trên mái chưa thỏa mãn yêu cầu về kết cấu cũng như kiến trúc của công trình.

Hiện nay, do tài liệu về thiết kế hệ thống cấp thoát nước nói chung và HTC� nói riêng cho nhà cao tầng có rất ít, việc thiết kế, thi công giám sát và vận hành quản lý HTC� gặp nhiều khó khăn và còn nhiều bất cập, ít có lợi nhuận kinh tế cũng như ảnh hưởng lớn đến kết cấu, mỹ quan của công trình, không đáp ứng được yêu cầu của thực tế.

Việc nghiên cứu đề xuất sơ đồ cấp nước phù hợp, đảm bảo cả về vấn đề kỹ thuật và kinh tế cho các công trình xây dựng nói chung và cho công trình nhà cao tầng nói riêng là rất cần thiết. Đồng thời, hiện chưa có tiêu chuẩn thiết kế cấp nước cho nhà cao tầng nên việc đưa ra một văn bản pháp lý phục vụ cho việc tính toán thiết kế là hết sức cần thiết.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### 2.1. Vấn đề phân phối nước đều trong nhà cao tầng

Theo công thức tính thủy lực cơ bản để tính toán lưu lượng nước chảy qua vòi (Q) có diện tích tiết diện  $\omega$ , chiều cao (áp lực) H.

Công thức tổng quát cho tất cả các loại vòi và ống ngắn là:

$$Q = \mu \times \omega \times \sqrt{2gH} \quad (1)$$

Trong đó:

-  $\omega$ : Diện tích tiết diện lỗ ra, m<sup>2</sup>.

-  $\mu$ : Hệ số lưu lượng tính cho mất mát ra.

Đối với vòi trụ tròn gắn ngoài, độ dài của vòi

$$l \geq 3d, l' = \frac{l}{d} = 10 - 100 \text{ thì } \mu = 0,77 - 0,55.$$

- H: Chiều cao (Áp lực); m.

- g: Gia tốc trọng trường, 9,81 m/s<sup>2</sup> [7].

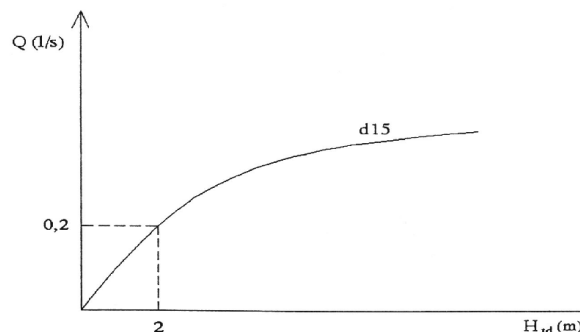
Công thức trên cho thấy lưu lượng nước chảy qua một vòi nước phụ thuộc vào áp lực tự do trước nó và đặc điểm

cấu tạo của thiết bị. Với cùng một loại vòi nước:

- Áp lực nước ở tầng 1 là H<sub>4</sub> (H<sub>4</sub> ≈ 4H<sub>B1</sub>);
- Áp lực nước ở tầng 2 là H<sub>3</sub> (H<sub>3</sub> = 3H<sub>B1</sub>);
- Áp lực nước ở tầng 3 là H<sub>2</sub> (H<sub>2</sub> = 2H<sub>B1</sub>);
- Áp lực nước ở tầng 4 là H<sub>B1</sub>.

(Xét ở trạng thái động khi có lưu lượng nước chảy trong ống đứng, tổn thất áp lực do ma sát không đáng kể).

- Quan hệ giữa Q và áp lực tự do (H<sub>td</sub>) ứng với mỗi loại vòi được biểu thị qua biểu đồ. Ví dụ với đường kính 15mm (d15) (Hình 4).



**Hình 4.** Quan hệ giữa Q và H<sub>td</sub> của một loại thiết bị dùng nước

Quan hệ trên cho thấy lưu lượng nước chảy ra từ các TBVS phụ thuộc vào áp lực tự do trước nó. Còn sức kháng thủy lực của một loại thiết bị nào đó đã chế tạo là một đại lượng không đổi. Như vậy để đảm bảo việc phân phối nước đều giữa các tầng nhà cũng như giữa các TBVS thì cần phải có các thiết bị khử áp lực dư ở các tầng bên dưới và tăng áp cho các tầng trên cùng. Đó chính là điều kiện để phân phối nước đều giữa các tầng trong nhà.

### 2.2. Các biện pháp phân phối nước đều trong công trình

HTC� cho nhà cao tầng có những đặc điểm khác nhà thấp tầng như sau:

- Nhà cao tầng thường có nhiều nhu cầu cao về cấp nước, đối tượng sử dụng nước khác nhau, hình thức dùng nước rất đa dạng. Công trình có thể do một hoặc một số doanh nghiệp quản lý, nên đôi khi cần phân HTC� thành nhiều vùng và có đồng hồ tổng riêng.

- Nhà cao tầng có chiều cao lớn, độ chênh lệch áp lực cũng rất lớn. Trong công trình, khu vực phía trên áp lực nhỏ, khu vực phía dưới áp lực lớn, thậm chí rất lớn.

Một trong những yêu cầu cơ bản của HTC� là làm thế nào để phân phối nước đều trong toàn bộ ngôi nhà để đảm bảo chế độ làm việc của mạng lưới phân phối gần đúng với tính toán thủy lực của mạng lưới.

Hiện nay, trong các HTC� có trạm bơm tăng áp và kết nước vẫn xảy ra tình trạng các tầng dưới dùng nước thoải mái trong khi các tầng trên thiếu nước. Nguyên nhân chính là áp lực dư của các thiết bị ở tầng dưới quá lớn dẫn tới lưu lượng chảy ra ở các thiết bị lớn hơn tính toán nhiều lần. Các nhà ở tầng trên luôn chịu thiệt thòi về nước dùng trong khi các nhà tầng dưới dùng thoải mái, dự trữ nước đầy vào các dụng cụ chứa và khoá các thiết bị lại thì nước mới dần dần lên được các tầng trên. Ngay cả khi áp dụng sơ đồ cấp nước lên kết và sau đó dùng đường ống chính trên mái để phân phối nước từ trên xuống, nhưng nếu không có các

biện pháp không chế áp lực dư ở các tầng dưới thì các tầng trên vẫn thiếu nước hoặc không có nước.

Biện pháp khử áp lực dư ở các tầng dưới của ngôi nhà để áp lực tự do của các ống nhánh của các tầng đều nhau và có trị số bằng 2-4 mét cột nước có thể thực hiện bằng cách:

- Lắp đặt van giảm áp thường xuyên tại các ống nhánh dùng để giảm áp lực và giữ cho áp lực không vượt quá giới hạn cho phép. Biện pháp này chưa được thực hiện thường xuyên cho tất cả các công trình được vì giá thành của thiết bị này rất đắt.

- Lắp đặt các rông đen giảm áp trong các rắc co ở đầu nhánh vào mỗi tầng - tùy thuộc vào mức dư thừa áp lực tự do để chọn kích thước rông đen sao cho hợp lý nhất hoặc lắp rông đen trong từng thiết bị dùng nước. Biện pháp này trước đây đã được thực hiện, nhưng do các đối tượng dùng nước ở tầng dưới thích dùng nước mạnh nên họ đã tự tháo bỏ các rông đen.

- Lắp đặt van điều chỉnh tại các đầu ống nhánh của mỗi tầng. Đây là yêu cầu bắt buộc khi thiết kế, phục vụ việc thay thế, sửa chữa các thiết bị trên ống nhánh. Khi sử dụng van điều chỉnh đặt đầu ống nhánh, tiết diện đường ống giảm đột ngột từ  $\Omega$  sang  $\omega$  thì sẽ xảy ra tổn thất cục bộ tại van, công thức tính tổn thất cục bộ:

$$h_c = \zeta_c \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Trong đó:

+  $\zeta_c$ : Hệ số tổn thất cục bộ;  $\zeta_c = 0,5 (1 - \omega/\Omega)$ ;

+  $v$ : Vận tốc qua van cũng tăng lên.

Khi xảy ra tổn thất cục bộ tại van thì áp lực tự do sau van sẽ giảm xuống giá trị áp lực yêu cầu.

- Dùng các loại ống, các loại thiết bị có đường kính khác nhau trong các tầng. Những tầng dưới có áp lực tự do lớn thì đường ống và thiết bị có đường kính nhỏ và ngược lại. Biện pháp này hiện nay chưa được thực hiện ở Việt Nam bởi vì nguồn vật liệu và thiết bị nhập từ nước ngoài về hoặc sản xuất trong nước đều chưa có đường kính nhỏ hơn 15mm. Do trên thị trường không có sẵn các loại thiết bị và đường ống có đường kính nhỏ hơn 15mm, nên các nhà thiết kế và người tiêu dùng cũng chưa quan tâm đến việc dùng các loại ống này. Điều này có thể thực hiện được theo thời gian khi nhà cao tầng đã xuất hiện nhiều, khi mà vấn đề tiết kiệm nước đã trở thành nhu cầu và ý thức của người sử dụng và các loại đường ống thiết bị đã trở thành phổ biến trên thị trường. Khi sử dụng đường ống chính phân phối từ phía trên như các HTCN nhà cao tầng ở Đà Nẵng đang sử dụng, thì việc tính toán chọn đường kính ống đúng cấp nước theo  $V > V_{kte}$  vừa giảm kinh phí lắp đặt mạng lưới vừa khử được áp lực dư ở các tầng dưới để góp phần phân phối nước đều.

Khi tính toán thiết kế HTCN, yêu cầu cơ bản là phải đảm bảo cung cấp đầy đủ lưu lượng áp lực theo yêu cầu của đối tượng sử dụng. Về mặt áp lực, HTCN dùng kết trên mái hoặc trạm bơm khí nén đều phải đảm bảo áp lực tự do ( $H_{td}$ ) tại TBVS bất lợi nhất trong nhà (cao nhất, xa nhất) để các TBVS đó làm việc bình thường.

Gọi chiều cao xây dựng của mỗi tầng nhà từ  $i$  đến  $k$  là  $H_i$ , khi đó áp lực tại TBVS ở tầng dưới kế tiếp nó là:

$$H_{td}^k = H_{td}^i + H_i - h_{i-k} \quad (3)$$

$h_{i-k}$ : Là tổn thất áp lực trong đoạn ống đứng từ  $i$  đến  $k$  khi tải lưu lượng nước cho các tầng phía dưới.

$$\text{Tương tự ta có: } H_{td}^1 = H_{td}^k + H_i - h_{k-1} \quad (2.4)$$

$$\text{Hoặc } H_{td}^1 = H_{td}^k + 2H_i - \sum h_{i-1} \quad (2.5)$$

Để đảm bảo phân phối nước đều giữa các tầng hay nói cách khác áp lực tự do ở các TBVS của các tầng tương đương nhau, ta có:

$$H_{td}^i \approx H_{td}^k \approx H_{td}^1 \quad (2.6)$$

Ta phải tính toán thủy lực sao cho:

$$H_t - h_{k-1} = 0 \text{ hay } H_t = h_{k-1} \quad (2.7)$$

$$\text{Hoặc: } 2H_t - \sum h_{i-1} = 0 \quad (2.8)$$

$$\text{Hay: } 2H_t = \sum h_{i-1} \quad (4)$$

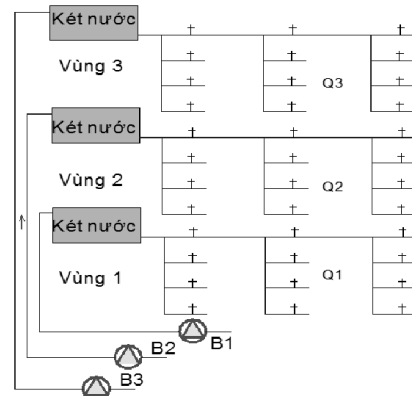
Có nghĩa là cho phép tổn thất áp lực trong đoạn ống đứng nối giữa hai tầng tương đương với chiều cao xây dựng của mỗi tầng. Điều này có thể thực hiện bằng cách chọn vận tốc trong ống tăng lên để giảm đường kính ống nhằm tăng tổn thất áp lực. Thông thường khi tính toán thủy lực mạng lưới, chọn đường kính ống theo vận tốc kinh tế ( $V \approx 0,5 - 1 \text{ m/s}$ ) với chiều cao mỗi tầng từ 3-4m thì tổn thất áp lực trong ống đứng nối giữa các tầng chỉ nằm trong khoảng 0,2-0,9m. Vì vậy để đạt mục tiêu là tổn thất này tương đương với chiều cao tầng (3-4m) kiến nghị chọn vận tốc lớn hơn vận tốc kinh tế, nhưng không lớn hơn 2,5 l/s giống như tính toán mạng lưới khi có cháy [2].

- Một trong những nguyên nhân gây thất thu, thất thoát trong các HTCN là việc dùng hợp đồng khoán. Việc tính khoán tiền nước theo đầu người gây khó khăn cho việc phân phối nước đều, điều đó hoàn toàn phụ thuộc vào ý thức tự giác và tinh thần làm chủ của mỗi người. Hiện nay các Công ty cấp nước có chủ trương xóa hợp đồng khoán, lắp đặt đồng hồ cho tất cả các khách hàng (kể cả trong các khu chung cư) nhằm giảm thất thoát nước và tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân phối nước đều.

Hiện nay các nhà cao tầng đều được lắp đặt đồng hồ nước cho từng căn hộ, nên việc phân phối nước đều giữa các tầng đã thuận lợi hơn và đã được khắc phục.

## 2.3. Sơ đồ cấp nước

### 2.3.1. Sơ đồ cấp nước phân vùng song song



Hình 5. Sơ đồ cấp nước phân vùng song song cho nhà 12 tầng.

Phân chia số tầng nhà ra các vùng khác nhau để tạo áp lực đồng đều cho các vùng. Mỗi vùng từ 4-5 tầng [4]. Với

số tầng nhà của mỗi vùng như vậy là hợp lý vì độ chênh áp lực giữa các tầng không lớn lắm. Hình 5 là sơ đồ HTCN phân vùng song song áp dụng cho ngôi nhà 12 tầng. Hệ thống phân làm 3 vùng với phạm vi phục vụ của mỗi vùng là 4 tầng. Các vùng đều có số TBVS giống nhau nên các máy bơm cấp nước cho các vùng có lưu lượng bằng nhau ( $Q_B = Q_1 = Q_2 = Q_3$ ), còn cột áp của các bơm thì khác nhau.

Máy bơm vùng 1 phải đưa nước lên được TBVS bất lợi nhất ở tầng 4 nên có cột áp cần thiết của bơm  $H_{B1}$ . Tương tự máy bơm vùng 2 phải bơm nước lên được TBVS bất lợi nhất ở tầng 8 nên:  $H_{B2} \approx 2H_{B1}$ . Tương tự máy bơm vùng 3:  $H_{B3} \approx 3H_{B1}$ , thực ra theo nguyên tắc tính toán nếu nối bơm song song thì  $H_{B3} < 3H_{B1}$ .

Công suất điện của máy bơm vùng 1 là:

$$N_1 = \frac{\gamma * Q_1 * H_{B1}}{102 * \eta_b} \text{ (kW)} \quad (5)$$

Trong đó:

- $\gamma$ : Tỷ trọng riêng của chất lỏng bơm; ( $\text{kg/m}^3$ );
- $\eta_b$ : Hiệu suất máy bơm.

$$\text{Đặt } \frac{\gamma}{102 * \eta_b} = K \rightarrow N_1 = K * Q_1 * H_{B1}$$

Khi đó công suất điện của máy bơm vùng 2 là:

$$N_2 = \frac{\gamma * Q_1 * 2H_{B1}}{102 * \eta_b} = 2K * Q_1 * H_{B1} = 2N_1$$

Khi đó công suất điện của máy bơm vùng 3 là:

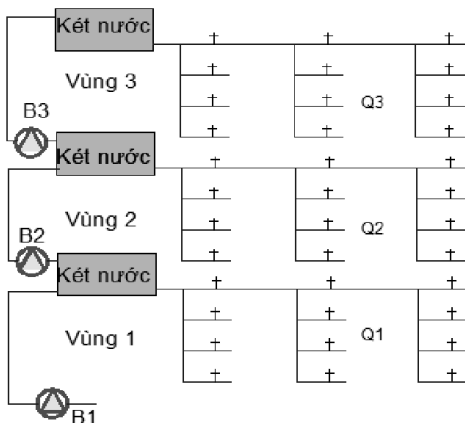
$$N_3 = \frac{\gamma * Q_1 * 3H_{B1}}{102 * \eta_b} = 3K * Q_1 * H_{B1} = 3N_1$$

Tổng công suất điện của các máy bơm cho các vùng là:

$$N_b = N_1 + N_2 + N_3 = N_1 + 2N_1 + 3N_1 = 6N_1 \text{ [5]}$$

### 2.3.2. Sơ đồ cấp nước phân vùng nối tiếp

Theo sơ đồ này nhà cao tầng cũng chia thành nhiều vùng khác nhau, mỗi vùng từ 4-5 tầng. Tại mỗi vùng có đặt máy bơm riêng. Áp lực máy bơm tương ứng cho yêu cầu cấp nước của mỗi vùng.



Hình 6. Sơ đồ HTCN phân vùng nối tiếp nhà 12 tầng

Nguyên tắc làm việc của máy bơm là lưu lượng máy bơm của vùng 1 bơm nước vừa cung cấp cho vùng 1 vừa bơm vào két nước cho vùng 2. Máy bơm của vùng 2 đặt trên tầng cao nhất của vùng 1, vừa bơm nước cho vùng 2

vừa bơm vào két nước cho vùng 3. Và cứ tương tự như vậy, các máy bơm nước của vùng trên nhận nước từ máy bơm của vùng dưới. Khi đó cột áp máy bơm các vùng trên chỉ tương đương với cột áp máy bơm của vùng 1. Lưu lượng của các máy bơm của vùng dưới lớn hơn của các vùng trên. Két nước (kiềm bể chứa cho vùng tiếp theo) của các vùng dưới cũng lớn hơn các vùng trên. Giả sử có hệ thống phân vùng nối tiếp cho một nhà 12 tầng, có 3 vùng cấp nước với số tầng mỗi vùng là 4 (Hình 6).

Máy bơm vùng 1 phải bơm đủ lưu lượng cho cả 3 vùng nên:  $Q_{B1} \approx 3Q_1$ , thực ra theo nguyên tắc tính toán cho từng loại ống nếu nối tiếp hệ thống lại thì  $Q_{B1} < 3Q_1$ . Đó là tính cho thời điểm dùng nước nhiều nhất, còn khi bơm làm việc điều hoà thì lưu lượng của máy bơm còn có thể giảm hơn. Tương tự máy bơm vùng 2 phải bơm đủ lưu lượng cho vùng 2 và 3, nên:  $Q_{B2} \approx 2Q_1$ . Máy bơm vùng 3 chỉ phục vụ cho riêng vùng 3, nên:  $Q_{B3} \approx Q_1$ .

\* Cột áp của các máy bơm:

$$H_{B1} \approx H_{B2} \approx H_{B3}$$

- Công suất điện máy bơm vùng 3:

$$N_3^b = \frac{\gamma * Q_1 * H_{B1}}{102 * \eta_b}$$

$$\text{Đặt } \frac{\gamma}{102 * \eta_b} = K \rightarrow N_3^b = K * Q_1 * H_{B1} = N_1$$

- Máy bơm vùng 2:

$$N_2^b = \frac{\gamma * 2Q_1 * H_{B1}}{102 * \eta_b} = 2K * Q_1 * H_{B1} = 2N_1$$

- Máy bơm vùng 1:

$$N_1^b = \frac{\gamma * 3Q_1 * H_{B1}}{102 * \eta_b} = 3K * Q_1 * H_{B1} = 3N_1$$

Tổng công suất điện cho cả 3 máy bơm của 3 vùng là:

$$N_3^b + N_2^b + N_1^b = N_1 + 2N_1 + 3N_1 = 6N_1$$

So sánh hai trường hợp phân vùng song song và nối tiếp, ta thấy chỉ phí điện năng cho cả hai trường hợp là tương đương nhau.

Phương pháp phân vùng nối tiếp có thuận lợi là áp lực của máy bơm nhỏ, trang thiết bị và đường ống thuận tiện nhưng có khó khăn trong việc xây dựng các két nước kiềm bể chứa nước của các vùng, làm tăng tải trọng của công trình.

Để đảm bảo yêu cầu an toàn về chữa cháy cho nhà cao tầng, người ta thường áp dụng giải pháp cứ cách 13 đến 15 tầng thì để trống một tầng để cứu nạn và tận dụng tầng đó để bố trí hệ thống kỹ thuật cho ngôi nhà. Vì vậy, có thể sử dụng các tầng đó để đặt bể nước và trạm bơm nối tiếp. Phân vùng nối tiếp chỉ nên áp dụng cho chiều cao ngôi nhà  $\geq 100\text{m}$  [6].

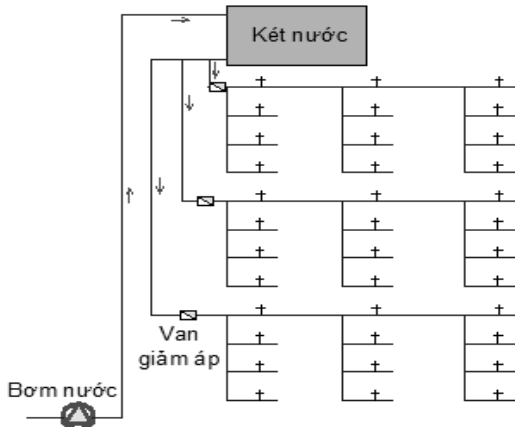
### 2.3.3. Sơ đồ cấp nước không phân vùng

Đây là sơ đồ cấp nước mà hầu hết các công trình nhà cao tầng ở Việt Nam cũng như tại Đà Nẵng đang sử dụng. Trạm bơm bơm nước lên két, sau đó nước từ két sẽ cung cấp nước cho toàn bộ ngôi nhà. Trạm bơm phải đảm bảo cấp đủ lưu lượng cho toàn bộ ngôi nhà cũng như đảm bảo áp lực đưa lên két.

Hình 7 là sơ đồ cấp nước không phân vùng cho nhà 12 tầng. Lúc đó bơm có lưu lượng  $Q_B = 3Q_1$ . Theo nguyên tắc

tính toán lưu lượng thì lưu lượng của toàn bộ ngôi nhà ở đoạn ống cuối cùng phải là  $Q \approx 3Q_1$  vì có kể đến hệ số hoạt động đồng thời ( $\beta$ ) của các TBVS trong ngôi nhà (hay xác suất hoạt động đồng thời của chúng). Khi số TBVS trong đoạn ống tính toán càng lớn thì hệ số này càng nhỏ. Vì vậy theo nguyên tắc đó thì lưu lượng của một máy bơm chung cho toàn nhà sẽ nhỏ hơn tổng lưu lượng của các máy bơm riêng cho các vùng. Để thuận tiện cho việc tính toán so sánh kinh tế, tạm coi  $Q \approx 3Q_1$ .

Áp lực máy bơm chung cho toàn ngôi nhà phải đảm bảo đưa nước lên kết đặt ở tầng mái, nghĩa là  $H_B = 3H_1$ .



**Hình 7.** Sơ đồ cấp nước không phân vùng

Nếu không phân vùng cấp nước thì công suất điện cho trạm bơm chung là:

$$N_b = \frac{\gamma \cdot 3Q_1 \cdot 3H_{B1}}{102 \cdot \eta_b} = 9K \cdot Q_1 \cdot H_{B1} = 9N_1$$

So với HTCN phân vùng, thì HTCN không phân vùng (có nghĩa là trạm bơm cấp nước cho toàn bộ ngôi nhà và kết nước đặt ở tầng cao nhất) sẽ có nhiều bất lợi hơn:

- *Về vấn đề áp lực dư và phân phối nước đều:* Nếu một ngôi nhà cao tầng chỉ có một máy bơm áp lực thì áp lực của máy bơm đó phải đảm bảo đưa nước lên tầng cao nhất, đảm bảo nhu cầu dùng nước của các thiết bị ở tầng cao nhất. Như vậy áp lực nước ở các tầng dưới sẽ quá lớn. Theo tính toán sơ bộ thì áp lực cần thiết cho ngôi nhà 10 tầng là 35-40 m, 15 tầng là 60-65 mét, 20 tầng là 75-80m. Lúc đó áp lực tại chân các ống đứng ở tầng 1 cũng tương ứng là 35-40m, 60-65m và 75-80m. Điều này dẫn tới việc khử áp lực dư ở các tầng dưới để đảm bảo áp lực tự do ở các thiết bị tương đối đều nhau để phân phối nước đều, và chế độ làm việc của hệ thống sát với tính toán sẽ gặp nhiều khó khăn. Áp lực dư quá lớn cũng gây trở ngại cho người sử dụng, gây tiếng ồn khi sử dụng, khó điều chỉnh nhiệt độ khi dùng vòi trộn nóng lạnh...

- *Về vấn đề hiệu quả kinh tế:* Trong nhà cao tầng, các TBVS được trang bị hoàn chỉnh, số lượng thiết bị nhiều, tiêu chuẩn dùng nước cao, lưu lượng tính toán lớn, nên đường kính các ống đứng phân phối cũng khá lớn. Nếu bố trí đường ống chính phân phối phía trên, bơm nước lên kết rồi từ kết phân phối xuống các tầng dưới thì đường ống đứng có dạng phía trên to, phía dưới nhỏ, dung tích kết nước ảnh hưởng đến kết cấu của nhà. Ngược lại nếu bố trí đường ống chính phân phối từ dưới lên rồi dẫn đến các

tầng, đường ống lên và xuống kết chung thì dung tích kết nước nhỏ hơn nhưng đường ống đứng cấp nước có dạng dưới to trên nhỏ, điều đó làm cho áp lực tự do ở các tầng dưới càng lớn. Cả hai trường hợp trên đều dẫn đến giá thành xây dựng mạng lớn, vì các đoạn ống phía đầu phải có đường kính lớn để tải lưu lượng cho các đoạn sau. Nếu so với phương án phân ra từng vùng cấp nước thì đường kính ống sẽ nhỏ hơn, giá thành xây dựng sẽ giảm.

- *Về vấn đề tiêu hao điện năng cho máy bơm:* Khi một ngôi nhà cao tầng dùng một máy bơm chung cho toàn ngôi nhà thì máy bơm đó phải đủ lưu lượng cung cấp cho toàn ngôi nhà và áp lực phải đảm bảo đưa được nước lên tầng cao nhất. Trong khi đó năng lượng điện tiêu thụ tỷ lệ thuận với lưu lượng và cột áp của máy bơm. Do đó chi phí điện năng cho việc bơm nước khi không phân vùng cấp nước bao giờ cũng lớn hơn trường hợp phân vùng. Tỷ số giữa chi phí điện năng khi phân vùng so với không phân vùng với số vùng là 3, 4, 5 lần lượt là: 6/9, 10/16, 15/25. Tỷ số này càng nhỏ khi số vùng càng nhiều [4].

Từ các tính toán phân tích trên, ta có thể rút ra kết luận: Với cùng điều kiện về chiều cao và số tầng nhà, nếu phân HTCN ra càng nhiều vùng thì chi phí điện năng cho máy bơm càng giảm. Tuy nhiên không thể phân ra quá nhiều vùng cấp nước vì phải sử dụng nhiều loại máy bơm. Việc phân chia mỗi vùng cấp nước từ 4 đến 5 tầng là vừa phù hợp cho việc phân phối nước đều, giảm chi phí điện năng vừa giảm bớt sử dụng bơm.

### 3. Đề xuất giải pháp cấp nước phù hợp cho nhà cao tầng

Với việc sử dụng sơ đồ cấp nước phân vùng đã giải quyết được vấn đề phân phối nước đều, tiêu hao điện năng và tính kinh tế. Tuy nhiên với việc sử dụng kết nước vẫn ảnh hưởng nhiều đến kết cấu của công trình, đặc biệt với nhà cao tầng, tỷ lệ chiều cao so với diện tích bề mặt xây dựng lớn thì mức độ ảnh hưởng của kết nước cũng tỷ lệ theo. Để giải quyết bài toán trên thì việc tìm kiếm một thiết bị thay thế cho kết nước là một trong những giải pháp hợp lý. Một trong những giải pháp hiệu quả cho việc giảm thiểu kích thước của thiết bị cũng như giảm tác động của HTCN đến kết cấu đó chính là máy bơm có sử dụng bộ biến tần. Với máy bơm có sử dụng bộ biến tần thì bơm có thể hoạt động liên tục nhưng sẽ có thời điểm lưu lượng nước sử dụng rất ít, kéo theo số vòng quay của bơm nhỏ, hại động cơ. Chính vì thế, để kéo dài tuổi thọ của bơm thì cần kết hợp bơm biến tần với máy điều áp.

#### 3.1. Trường hợp máy điều áp kết hợp với máy bơm không sử dụng bộ biến tần

##### 3.1.1. Tính toán thể tích nước điều hoà lưu lượng

- Khi bình vừa tích đầy nước thì thể tích bình  $V_n$ , áp lực đến  $P_1$  bơm ngừng hoạt động, lúc này trên mạng lưới tiêu thụ một lượng nước là  $x$  ( $m^3/h$ ).

$$\text{- Thời gian làm cạn bình: } t_1 = \frac{V_n}{x} \quad (6)$$

- Khi bình hết nước, áp lực giảm xuống có giá trị  $P_2$ , bơm tự động chạy, bơm nước vào bình và mạng có lưu lượng  $Q_b$  ( $m^3/h$ ).

- Thời gian tích đầy bình:

$$t_2 = \frac{V_n}{Q_b - x} \quad (7)$$

- Tổng thời gian của một chu kỳ đóng mở máy bơm:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{V_n}{x} + \frac{V_n}{Q_b - x} \quad (8)$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_n}{t} = x - \frac{x^2}{Q_n} \quad (9)$$

Tìm giá trị của  $x$  để cho thời gian  $t$  là lớn nhất (Chu kỳ đóng mở bơm dài nhất) hay  $V_n/t$  là nhỏ nhất. Muốn vậy đạo hàm phương trình trên theo  $x$  và cho bằng 0 ta có:

$$\frac{d\left(\frac{V_n}{t}\right)}{dx} = 1 - \frac{2x}{Q_b} = 0 \Rightarrow x = \frac{Q_b}{2} \quad (10)$$

Lấy đạo hàm bậc 2:

$$\frac{d^2\left(\frac{V_n}{t}\right)}{dx^2} = -\frac{2}{Q_b} < 0$$

Phương trình có điểm cực đại tại:

$$x = \frac{Q_b}{2} \quad (11)$$

Thay giá trị  $x$  vào phương trình (8) ta được:

$$t = \frac{4V_n}{Q_b} \text{ hay } V_n = \frac{tQ_b}{4} \quad (12)$$

Trong đó:  $t$  là thời gian cho phép của một chu kỳ đóng mở máy, do nhà sản xuất quyết định, thường số lần đóng mở máy bơm không quá 4 lần/h [3]. Có thể viết:

$$V_n = \frac{Q_b}{4Z} \quad (13)$$

Với  $Z$  là số lần đóng mở máy cho phép trong một giờ.

### 3.1.2. Tính toán thể tích chứa khí cần thiết để điều hoà áp lực và thể tích bình

Ở áp lực tối thiểu  $P_2$ , khí chiếm cả bình:  $V_{\text{bình}} = V_{2k}$  (14)

$V_{1k}$ : Thể tích khí khi bị nước nén đến áp lực tối đa  $P_1$ .

$$V_{2k} - V_{1k} = V_n \quad (15)$$

Theo định luật khí nén Bôi – Mariôt ta có:

$$P_1 V_{1k} = P_2 V_{2k} \text{ hay } \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_{1k}}{V_{2k}} \Rightarrow \frac{P_1 - P_2}{P_1} = f = \frac{V_{2k} - V_{1k}}{V_{2k}} = \frac{V_n}{V_{2k}} \quad (16)$$

Trong đó:

- $P_1$ : Áp lực tuyệt đối lớn nhất trong mạng bằng áp lực bơm + áp lực khí quyển (Bar).
- $P_2$ : Áp lực tuyệt đối nhỏ nhất trong mạng bằng áp lực min yêu cầu + áp lực khí quyển (Bar).
- $V_{2k} = V_{\text{bình}}$ : Thể tích bình điều áp; với  $V_{2k} = \frac{V_n}{f}$

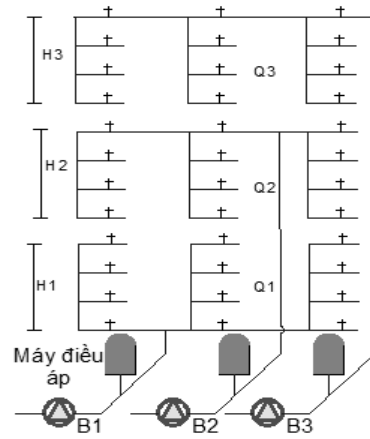
$$\Leftrightarrow V_{\text{bình}} = \frac{Q_b}{4Zf} \quad (17)$$

- $f$ : Hệ số điều áp; với  $f = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$

Khi dung tích của thùng chứa nước càng lớn  $\rightarrow$  số lần

đóng mở máy trong một giờ càng ít và ngược lại.

Máy điều áp thường dùng trong HTCN mạng kín bao gồm máy bơm áp lực, bình áp lực, thiết bị điều áp và thiết bị tạo áp (máy nén khí).



Hình 8. Sơ đồ HTCN có máy điều áp

HTCN theo nguyên lý mạng kín đảm bảo duy trì được áp lực cần thiết, đảm bảo nhiệt độ nước và đảm bảo điều kiện vệ sinh.

### 3.2. Trường hợp máy điều áp kết hợp máy bơm có gắn bộ biến tần

Đối với bơm sử dụng bộ biến tần thì trạm bơm sẽ hoạt động theo nhu cầu về lưu lượng và áp lực nước sử dụng bên ngoài mạng lưới. Việc thay đổi áp lực và lưu lượng bên ngoài sẽ được truyền về bộ cảm biến áp suất, cảm biến áp suất đưa ra điều khiển tối ưu cho bộ biến tần, bộ biến tần được xử lý để đưa ra tần số thích hợp cho dòng điện vào động cơ máy bơm. Việc thay đổi tần số sẽ làm cho số vòng quay của máy bơm thay đổi kéo theo việc điều chỉnh cột áp và lưu lượng về điểm làm việc yêu cầu.

Tuy nhiên khi các tín hiệu đầu vào hay các kích thích cảm biến có độ biến thiên nhỏ hơn độ nhạy cho phép của cảm biến thì bộ vi xử lý sẽ không làm việc, tần số dòng điện không thay đổi, chế độ hoạt động của bơm cũng không thay đổi theo. Điều đó sẽ làm cho nhu cầu sử dụng nước không đảm bảo cả về cột áp và lưu lượng. Để giải quyết vấn đề trên thì việc bổ sung thêm một bình điều áp giúp ổn định lưu lượng và cột áp trên đường ống đẩy của bơm là rất cần thiết. Đồng thời bình điều áp còn giúp cho việc ổn định cột áp và lưu lượng trong trường hợp nhu cầu dùng nước tăng lên rồi giảm xuống trong thời gian ngắn nhỏ hơn thời gian chạy tối thiểu của máy bơm, hiện tượng này thường xảy ra vào ban đêm. Lúc này thể tích của bình điều áp sẽ nhỏ hơn nhiều trong trường hợp không sử dụng bộ biến tần.

Dung tích bình điều áp khi kết hợp với bơm biến tần được tính theo công thức sau:

$$V = \frac{Q \times T}{K} \text{ (Lít)} \quad (18)$$

Trong đó:

- $V$ : Dung tích bình áp lực (L);
- $Q$ : Lưu lượng của 1 bơm (L/ph);
- $T$ : Thời gian chạy tối thiểu của bơm (Phút). Đối với công trình công nghiệp  $T = 1 \sim 2$  phút, còn nhà dân

dụng thường lấy thấp hơn khoảng 5-10 giây [8];

- K: hệ số sử dụng của bình phụ thuộc vào áp suất làm việc của hệ thống, thường  $K=0,9$ .

Máy điều áp được áp dụng cho các nhà cao tầng, HTCN được phân thành các vùng riêng biệt, mỗi vùng cấp nước có một hệ thống điều áp riêng. Máy điều áp có thể đặt ở tầng hầm, tầng một (ở các góc chết, góc quay ô tô) hoặc lưng chừng nhà (trong HTCN phân vùng). Các thùng khí và nước được đặt nối với máy bơm, không nhất thiết các thùng này phải gần máy bơm, mà có thể đặt ở bất kỳ vị trí nào miễn là trên đường ống đẩy của máy bơm.

Ngày nay các công trình cao tầng xuất hiện rất nhiều, mặt khác thiết bị có sẵn, do đó nên sử dụng các máy điều áp trong HTCN nhà cao tầng

Tuy nhiên, đối với các nhà cao tầng có chiều cao trên 100m thì không nên sử dụng HTCN theo nguyên lý mạng song song. Bởi vì lượng nước cấp cho nhà cao tầng này là rất lớn, nếu sử dụng các bình khí nén để dự trữ nước thì giá thành sẽ tăng nên rất nhiều.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra được phương pháp cấp nước an toàn cho nhà cao tầng, đó là chọn sơ đồ cấp nước phân vùng với bơm biến tần kết hợp máy điều áp. Bên cạnh vấn đề về hiệu quả kỹ thuật và kinh tế như đã phân tích ở trên, sơ đồ

đề xuất đã phân nào giải quyết được bài toán kết cấu cho các công trình cao tầng do kết nước trên mái tạo ra. Hiện nay, ở Việt Nam, các tiêu chuẩn, quy phạm xây lắp và quản lý hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng còn ít. Việc sớm đưa ra tiêu chuẩn quy phạm về thiết kế HTCN cho nhà cao tầng một cách đầy đủ sẽ tạo điều kiện cho công tác thiết kế và xây dựng có được những cơ sở pháp lý rõ ràng hơn và phù hợp với xu thế phát triển của hiện tại.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng, *Phòng cháy chữa cháy, Nhà cao tầng*, Yêu cầu thiết kế TCVN 6160-1996.
- [2] Bộ Xây dựng, *Cấp nước bên trong*. Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 4513 -1988.
- [3] Lê Thị Dung, *Công trình thu nước và trạm bơm trong cấp thoát nước*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2003.
- [4] Nguyễn Thái Hoàng, *Hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng, các giải pháp thiết kế kỹ thuật*, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 2003.
- [5] Nguyễn Thị Kim Thư, *Nghiên cứu đề xuất phương pháp tính toán thiết kế hệ thống cấp nước nhà cao tầng*, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 2004.
- [6] Nguyễn Văn Tín, Chọn sơ đồ cấp nước hợp lý cho nhà cao tầng, "*Tạp chí xây dựng*", Số 3, 2004.
- [7] Nguyễn Văn Tín, *Tài liệu hội thảo về nhà cao tầng của ĐHXD*, ĐHKiến trúc, 2007.
- [8] [www.grundfos.com/industries-solutions/industries/industrial-water-treatment.html](http://www.grundfos.com/industries-solutions/industries/industrial-water-treatment.html)

(BBT nhận bài: 23/11/2014, phản biện xong: 24/12/2014)