

Thu hồi năng lượng dư thừa trong mạng lưới cấp nước tiềm năng và giải pháp ở các đô thị Việt Nam

Energy recovery in surplus water supply network potential and solutions in urban Vietnam

> **THS. PHẠM HUY BẰNG**

Khoa Cơ khí động lực - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh
Email: phamhuybang1501@gmail.com

TÓM TẮT:

Cùng với việc cung cấp nước đảm bảo liên tục và vệ sinh, một hệ thống cấp nước bền vững còn đòi hỏi phải cải thiện được hiệu quả trong việc sử dụng năng lượng, giảm lượng phát thải khí carbon, giảm thất thoát năng lượng trong mạng lưới phân phối nước. Một mạng lưới cấp nước được gọi là đạt hiệu quả kinh tế, kỹ thuật khi áp lực được điều tiết ở mức tương đồng nhau và nằm trong khoảng giới hạn nhất định cho tất cả các vùng tiêu thụ để giảm rò rỉ nước, giảm nguy cơ vỡ ống và điều hòa tiêu thụ. Các giải pháp thiết kế, vận hành hệ thống cấp nước được áp dụng phổ biến hiện nay như phân vùng tách mạng, bơm biến tần... đã mang lại hiệu quả, tuy nhiên áp lực ở những vùng tiêu thụ có lợi về áp như vùng đầu mạng lưới hay vùng có địa hình thấp vẫn thường rất lớn so với mức yêu cầu. Để triệt tiêu những phần năng lượng dư thừa này, hiện nay chủ yếu dùng thiết bị van hoặc công trình giảm áp, tuy nhiên giải pháp này lại lãng phí đi một nguồn năng lượng sẵn có nằm ngay trong lòng các đô thị. Bài báo lập luận về tiềm năng thu hồi và tái sử dụng nguồn năng lượng dư thừa trong mạng lưới phân phối nước ở các đô thị Việt Nam.

Từ khóa: Mạng lưới phân phối nước, thu hồi, năng lượng

ABSTRACT

Along with the continuous and sanitation of water supply, a sustainable water supply system also requires improving energy efficiency, reducing carbon emissions, reducing water leakage, reducing energy losses in the water distribution network. A water supply network is called economically and technically effective when the pressure is moderated at a similar level and is within a certain limit for all consumption areas to reduce water leakage, reducing the risk of pipe rupture and conditioning consumption. Solutions for designing and operating water supply systems are popularly applied today such as network separation partitions, pump inverters ... have been effective, but the pressure in pressure-advantaged areas such as the network head or low-terrain areas is often very large compared to the required level. To eliminate these excess energy, currently mainly using valve equipment or pressure reducing works, however, this solution wastes an existing energy source located right in the heart of urban areas. The paper argues for the potential for recovery and reuse of excess energy in the water distribution network in Vietnam urban areas.

Key words: Water distribution network, recovery, energy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hệ thống cấp nước, để vận chuyển nước đến mọi vùng tiêu thụ với áp lực tối thiểu đảm bảo yêu cầu thì những vùng có lợi về áp lực như những vùng đầu mạng lưới hay những vùng nằm ở vùng địa hình thấp sẽ có áp lực dư thừa (Áp lực lớn hơn mức yêu cầu tối thiểu). Áp lực dư thừa đó làm tăng lượng nước rò rỉ, làm giảm lượng nước sử dụng của những vùng bất lợi về áp lực.

Số liệu tính toán thiết kế, vận hành hệ thống cấp nước đô thị ở Việt Nam cho thấy áp lực bơm cấp 2 (TB2) dao động trong khoảng 40m đến 50m tùy từng thời điểm trong ngày, trong khi áp lực tại

các vùng tiêu thụ bất lợi mới chỉ đạt mức 10m hoặc thấp hơn. Ở mức đáp ứng khiêm tốn này cũng đã cho thấy chênh lệch áp lực giữa những vùng tiêu thụ có lợi và bất lợi về áp đã khá cao, hay nói cách khác trường hợp này trong mạng lưới cũng đã có một lượng năng lượng nước dư thừa khá lớn.

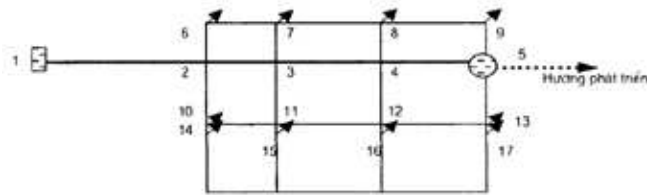
Trong tương lai các cơ sở cấp nước sẽ phải phát triển, nâng cấp hệ thống để đáp ứng yêu cầu ngày càng cao về chất lượng dịch vụ của khách hàng. Một trong các yêu cầu đó là duy trì áp lực tối thiểu cho mọi vùng tiêu thụ trong mạng lưới ở mức đủ để cấp nước trực tiếp cho các ngôi nhà ở gia đình đến 4 tầng mà không cần phải có

hệ thống cấp nước cục bộ gồm bể chứa, bơm, két nước mái như ở hầu hết các đô thị hiện nay. Khi đó năng lượng dư thừa trong đường ống cũng sẽ tăng lên rất nhiều cho dù các giải pháp kỹ thuật như phân vùng mạng lưới, biến tần trạm bơm đang được phát triển và áp dụng...

Hiện nay việc giảm áp lực dư thừa trong mạng lưới phân phối nước chủ yếu là sử dụng thiết bị van hay công trình giảm áp. Giải pháp này tuy đã đạt được mục tiêu chính là giảm rò rỉ nước, giảm nguy cơ vỡ ống, điều hòa tiêu thụ nhưng cũng đã lãng phí đi một nguồn năng lượng dư thừa sẵn có trong đường ống ngay trong các đô thị. Bởi vậy tiềm năng thu hồi và tái sử dụng nguồn năng lượng dư thừa trong mạng lưới phân phối nước rất đáng quan tâm và nghiên cứu ở đô thị Việt Nam.

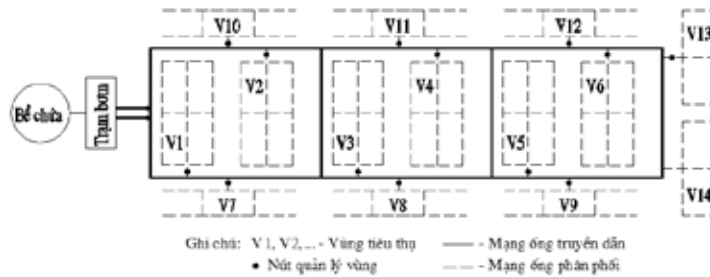
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC ĐÔ THỊ

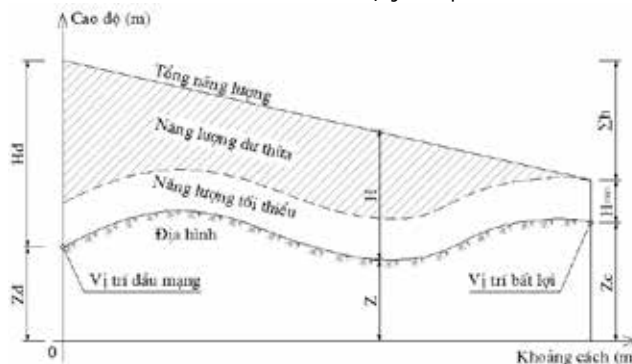


Hình 1. Sơ đồ mạng lưới cấp nước (1- nguồn nước từ bể chứa)

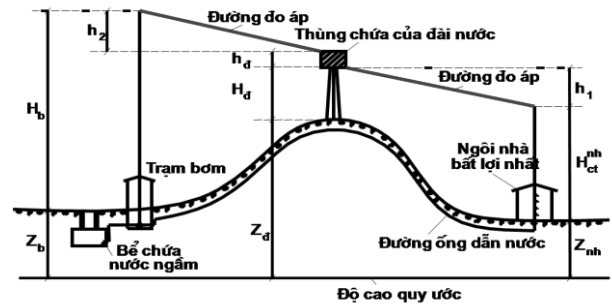
Bản chất của việc truyền dẫn và phân phối nước đến các đối tượng tiêu thụ là do năng lượng từ TB2 tạo ra, hoặc do sự chênh lệch cao của vị trí đặt bể chứa đối với cao độ của mạng lưới phân phối (nếu đủ lớn). Năng lượng từ TB2 phải đảm bảo đưa nước tới vị trí bất lợi nhất so trên mạng lưới, đồng thời tại vị trí đó cũng phải có một áp lực tự do cần thiết để nước được đưa tới các thiết bị vệ sinh ở vị trí bất lợi nhất của ngôi nhà (theo TCVN:332006 thì H bất lợi nhất với nhà 2 tầng là 12m). Như vậy tại các điểm đầu của mạng lưới gần với TB2 sẽ tạo ra các vùng năng lượng (áp lực cần thiết) lớn hơn nhiều lần so với nhu cầu của các đối tượng tiêu thụ (trung bình từ 40-50m)



Hình 3: Sơ đồ cấu trúc mạng lưới cấp nước



Hình 4: Sơ đồ mô phỏng năng lượng trên mạng lưới cấp nước



Hình 2. Sơ đồ biểu diễn mối quan hệ áp lực giữa các công trình cấp nước

2.2. NĂNG LƯỢNG DƯ THỪA TRONG MẠNG LƯỚI PHÂN PHỐI NƯỚC

Giải pháp thiết kế, cải tạo, vận hành mạng lưới cấp nước thông dụng ở các đô thị Việt Nam hiện nay là phân vùng tiêu thụ, tách mạng lưới ống phân phối độc lập cho từng vùng. Cấu trúc mạng lưới cấp nước chính (Hình 1) gồm:

- Mạng lưới đường ống truyền dẫn hay còn gọi là mạng cấp I, có nhiệm vụ dẫn nước từ trạm bơm cấp II đến các vùng tiêu thụ. Mỗi vùng tiêu thụ có khoảng 1000 đến 5000 khách hàng sử dụng nước, tương đương với lưu lượng 1000 đến 5000 m³/ngày.

- Mạng lưới đường ống phân phối hay còn gọi là mạng cấp II, có nhiệm vụ đầu nối từ mạng cấp I phân phối nước đến các tiểu khu tiêu thụ. Tại nút đầu nối từ mạng ống truyền dẫn vào mạng ống phân phối được lắp đặt các thiết bị quản lý, kiểm soát như: Đồng hồ đo lưu lượng, đồng hồ đo áp, van giảm áp, thiết bị thu truyền tín hiệu... gọi là "Nút quản lý" vùng.

Trong thiết kế, vận hành mạng lưới cấp nước, khi mô phỏng thủy lực quá trình làm việc thấy rằng để đảm bảo áp lực tối thiểu cho vùng tiêu thụ bất lợi áp thì có rất nhiều vùng sẽ có áp lực lớn hơn nhiều so với mức yêu cầu như những vùng đầu mạng lưới, những vùng có địa hình thấp (Hình 2), đó chính là phần năng lượng dư thừa.

Năng lượng nước dư thừa trong ống là phần chênh giữa giá trị tổng năng lượng và năng lượng tối thiểu theo yêu cầu.

$$\Delta H = H - H_{\min} \text{ (m)}$$

Trong đó:

+ H: là năng lượng nước trong ống tại vị trí xem xét (m);

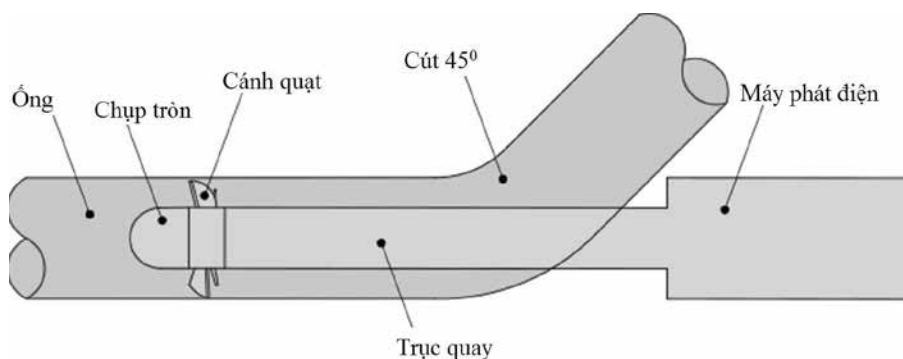
+ H_{\min} : là năng lượng nước tối thiểu để đảm bảo dịch vụ theo quy định hay theo yêu cầu của khách hàng (m).

2.3. GIẢI PHÁP THU HỒI NĂNG LƯỢNG DƯ THỪA TRONG ỐNG CẤP NƯỚC BẰNG VI THỦY ĐIỆN

Hệ thống vi thủy điện phù hợp để thu hồi năng lượng dư thừa trong đường ống cấp nước đã được nghiên cứu và phát triển trên

thế giới là hệ thống 5BTP, các bộ phận cơ bản của hệ thống gồm bộ cánh quạt hình ống nằm gắn với trục quay đặt đồng trục trong lòng ống và thoát ra khỏi ống qua góc cong 45°, trục quay sau đó nối với máy phát điện [2]. Nguyên lý hoạt động là tổng năng lượng dòng chảy trong ống làm quay hệ thống cánh quạt, trục quay và được máy phát chuyển thành điện năng rồi kết nối vào mạng điện thành phố (Hình 3).

Ưu điểm của hệ thống 5BTP là được đặt trực tiếp vào ống và có thể thực hiện được với tốc độ dòng chảy và áp lực thay đổi. Hiệu suất thu hồi năng lượng nước trong ống của hệ thống 5BTP đạt khoảng 60% [2].



Hình 3: Mô tả chi tiết lắp đặt hệ thống vi thủy điện 5BTP trong ống cấp nước

Công suất điện do 1 hệ thống vi thủy điện thu hồi được từ năng lượng nước dư thừa trong ống được xác định bằng công thức:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H \cdot \Delta t \text{ (Wh)}$$

Trong đó:

+ η : là hiệu suất thu hồi năng lượng trong ống cấp nước của hệ thống;

+ ρ : là khối lượng riêng của nước, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;

+ g : là gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;

+ Q : lưu lượng nước (m^3/s);

+ ΔH : năng lượng nước dư thừa trong ống (m);

+ Δt : thời gian tính toán (h).

Các bước để xây dựng hệ thống thu hồi năng lượng nước dư thừa trong mạng lưới cấp nước có thể thực hiện như sau:

- **Bước 1:** Thiết lập sơ đồ mạng lưới ống gồm mạng lưới ống truyền dẫn cho toàn khu vực cấp nước và mạng lưới ống phân phối cho từng vùng tiêu thụ.

- **Bước 2:** Mô phỏng thủy lực quá trình làm việc của toàn mạng lưới theo thời gian bằng phần mềm Epanet, Watercad... để xác định số liệu về mức năng lượng dư thừa có thể thu hồi được tại từng "Nút quản lý".

- **Bước 3:** Tính toán xác định hiệu quả kinh tế từ số liệu lưu lượng, năng lượng dư thừa tại từng "Nút quản lý" trên cơ sở chi phí đầu tư hệ thống và chi phí điện năng thu hồi được để quyết định nên lắp đặt van giảm áp hay xây dựng hệ thống vi thủy điện ở từng "Nút quản lý".

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Năng lượng nước dư thừa trong mạng lưới phân phối nước là rất lớn, trong khi các giải pháp sử dụng thiết bị van hay công trình giảm áp như hiện nay tuy đã đạt được mục tiêu giảm rò rỉ, giảm nguy cơ vỡ ống, điều hòa tiêu thụ nhưng cũng đã lãng phí đi một nguồn năng lượng nước dư thừa sẵn có ngay trong lòng đô thị.

Tổng lượng nước sinh hoạt tiêu thụ ở các đô thị ở Việt Nam hiện nay là khoảng 10,9 triệu $\text{m}^3/\text{ngày}$, đến năm 2025 tăng lên khoảng 15 triệu $\text{m}^3/\text{ngày}$. Với yêu cầu luôn duy trì đủ áp lực theo các kế hoạch đảm bảo cấp nước an toàn giai đoạn đến năm 2025 của các đô thị thì năng lượng nước dư thừa trong các mạng lưới phân phối nước trung bình khoảng 30m cột nước, tương đương với lượng điện có thể thu hồi được bằng hệ thống vi thủy điện 5BTP là khoảng 30,7 MWh.

Rõ ràng, đây là lĩnh vực đầy tiềm năng về công nghệ, kỹ thuật, kinh tế và có ý nghĩa lớn về bảo vệ môi trường, phát triển bền vững nên cần được nghiên cứu, đánh giá cụ thể cho các đô thị Việt Nam ở hiện tại và đặc biệt là trong tương lai khi mà dịch vụ cấp nước ngày càng phải được nâng cấp theo quy định và theo yêu cầu ngày càng cao của khách hàng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Tín. Cấp nước - Mạng lưới cấp nước. NXB Khoa học & Kỹ thuật 2001.
- [2]. Samora, I.; Hasmatuchi, V.; Münch-Alligné, C.; Franca, M.J.; Schleiss, A.J.; Ramos, H.M. Experimental characterization of a five blade tubular propeller turbine for pipe inline installation. *Renew. Energy* 2016, 95, 356-366. [CrossRef].
- [3]. Cobb, B.R., Sharp, K.V. Impulse (Turgo and Pelton) Turbine Performance Characteristics and Their Impact on Pico-Hydro Installations, *Renewable Energy*, 50, 959-964, 2013.
- [4]. Urquiza, G., Garcia, J.C., Gonzalez, J.G., Castro, L., Rodriguez, J.A., Basurto-Pensado, M.A., Mendoza, O.F. Failure Analysis of a Hydraulic Kaplan Turbine Shaft, *Engineering Failure Analysis*, 41, 108-117, 2014.
- [5]. Rossman, L. EPANET-2 Users Manual, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2000.
- [6]. Bentley Systems, WaterGEMS V8i, GIS-Integrated Water Distribution Model, 2015.