

Cơ sở tính toán lựa chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 khi ứng dụng công nghệ biến tần

Calculation basis choose a pump for pump station level 2 when applied technology inverter

Nguyễn Thành Mậu

Tóm tắt

Tiết kiệm năng lượng là yêu cầu cấp thiết đối với tất cả các ngành nghề sản xuất, các hoạt động đời sống kinh tế xã hội của con người, nó vừa mang lại hiệu quả kinh tế vừa giảm thiểu được những tác động xấu đến môi trường. Đối với ngành cấp nước, hệ thống cấp nước ứng dụng công nghệ biến tần điều khiển trạm bơm cấp 2 cho phép bơm thay đổi lưu lượng, áp lực, công suất phù hợp theo nhu cầu tiêu thụ tại từng thời điểm dẫn đến giảm điện năng tiêu thụ và cũng không cần phải có đài điều hòa như đối với hệ thống cấp nước thông thường. Nghiên cứu đã thiết lập được cơ sở tính toán lựa chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 để tổ bơm được lựa chọn luôn hoạt động trong vùng điều khiển hiệu quả, có hiệu suất cao, an toàn, bền vững và phát huy được tối đa những ưu việt do công nghệ biến tần mang lại.

Từ khóa: Biến tần, Tiết kiệm, Điện năng, Trạm bơm

Abstract

Energy saving is an urgent requirement for all manufacturing industries, and human socioeconomic socioe life activities, it has both economic efficiency and minimizes negative impacts on the environment. For the water supply industry, the water supply system applies inverter technology to control the level 2 pumping station, allowing the pump to change the flow, pressure, and the appropriate capacity according to the consumption demand at each time leading to reduce reduced power consumption and does not need to have a regulating station as for a normal water supply system. Research has to establish a basis for calculating and selecting pumps for pumping stations of level 2 so that the selected pump groups always operate in high-efficiency and efficient control areas. Full, sustainable, and maximize the advantages of inverter technology.

Key words: Inverter, Savings, Electricity, Pump Station

ThS. Nguyễn Thành Mậu

Bộ môn Cấp nước

Khoa Kỹ thuật hạ tầng và Môi trường Đô Thị

E.mail: tmnguyen2008@gmail.com

ĐT: 0947287400

Ngày nhận bài: 24/5/2019

Ngày sửa bài: 27/5/2019

Ngày duyệt đăng: 9/3/2022

1. Mở đầu

Trong hệ thống cấp nước, giải quyết tối ưu mối liên hệ về mặt lưu lượng, áp lực giữa trạm bơm cấp 2 và tiêu thụ nước trên mạng lưới đường ống sẽ mang lại nhiều lợi ích kinh tế, kỹ thuật, đặc biệt là vấn đề tiết kiệm điện năng.

Đối với hệ thống cấp nước thông thường, trạm bơm cấp 2 thường chỉ làm việc với một số cấp bơm nhất định trong ngày nên cần phải có đài điều hòa do lượng nước tiêu thụ trong mạng lưới gần như là thay đổi liên tục. Đài điều hòa phải được tính toán xây dựng ở cao độ đủ để tạo được áp lực trên mạng lưới theo yêu cầu. Áp lực trạm bơm cấp 2 cũng luôn phải đủ để đưa nước vào mạng lưới theo yêu cầu và đưa nước lên đài vào những thời điểm lưu lượng bơm lớn hơn lưu lượng tiêu thụ. Do vậy áp lực trạm bơm cấp 2 được xem là ổn định trong quá trình hoạt động, điều này dẫn đến ở những thời điểm lưu lượng tiêu thụ trong mạng lưới thấp thì áp lực dư trên mạng lưới cao hơn mức cần thiết rất nhiều làm cho rò rỉ nhiều hơn, đặc biệt là lãng phí điện năng.

Đối với hệ thống cấp nước có ứng dụng công nghệ biến tần điều khiển trạm bơm cấp 2 thì lưu lượng bơm cấp 2 được điều khiển để thay đổi theo lưu lượng tiêu thụ tại từng thời điểm trong ngày, do đó trong hệ thống cũng không cần đài nước điều hòa như đối với hệ thống cấp nước thông thường. Nguyên lý của công nghệ biến tần là thiết bị biến tần biến đổi tần số dòng điện cấp vào động cơ làm thay đổi số vòng quay của động cơ và máy bơm dẫn đến thay đổi lưu lượng bơm, áp lực bơm, công suất bơm. Vậy câu hỏi quan trọng đặt ra là sự thay đổi đó cần nằm trong giới hạn nào để động cơ hoạt động trong vùng có hiệu suất cao, an toàn

Hiện nay đối với hệ thống cấp nước thông thường, có đài điều hòa thì đã có cơ sở tính toán chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 trong các tài liệu giảng dạy, tài liệu chuyên ngành. Còn với hệ thống cấp nước có ứng dụng công nghệ biến tần điều khiển trạm bơm cấp 2, không sử dụng đài điều hòa thì chưa có tài liệu hay nghiên cứu nào đưa ra. Do vậy cần thiết phải nghiên cứu thiết lập cơ sở tính toán sao cho tổ bơm (Động cơ và máy bơm) được lựa chọn luôn hoạt động trong vùng điều khiển hiệu quả, có hiệu suất cao, an toàn, bền vững và phát huy được tối đa những ưu việt do công nghệ biến tần mang lại.

2. Nội dung nghiên cứu

Cơ sở tính toán chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 đối với hệ thống cấp nước thông thường, sử dụng đài điều hòa:

Nguyên tắc chung của tính toán chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 trong hệ thống cấp nước là: (1) Xác định chế độ làm việc của trạm bơm; (2) Tính toán xác định số lượng bơm làm việc; (3) Tính toán xác định lưu lượng, cột áp và công suất bơm; (4) Lựa chọn bơm (Chủng loại, mã hiệu bơm) với cơ sở tính toán là phải khẳng định tổ bơm được lựa chọn hoạt động với hiệu suất cao, đảm bảo đúng, đủ công suất yêu cầu, an toàn, tuổi thọ cao.

Cơ tính toán trạm bơm cấp 2 đối với hệ thống cấp nước thông thường có sử dụng đài nước điều hòa hiện nay như sau:

- Xây dựng biểu đồ tiêu thụ trong ngày dùng nước lớn nhất.

- Chọn chế độ bơm cấp 2: Trên cơ sở biểu đồ tiêu thụ nước trong ngày dùng nước lớn nhất chọn chế độ bơm cấp 2 theo dạng bậc thang sao cho các bậc bơm bám sát biểu đồ tiêu thụ để giảm dung tích đài điều hòa, thường chọn dạng bậc thang, 2 đến 3 bậc bơm trong một ngày. Các bậc bơm cũng cần chọn sao cho dễ dàng trong tổ hợp bơm làm việc giữa các bậc (Ví dụ: Bậc 1 chọn 2% $Q_{\text{ngày}}$ thì bậc 2 chọn là 3,9% $Q_{\text{ngày}}$ hoặc 5,7% $Q_{\text{ngày}}$...).

- Tính số bơm hoạt động trong từng cấp bơm:

$$n = \frac{a\% \cdot Q_{\text{ngày}}}{\alpha \cdot Q_{1b}} \quad \text{Chọn } n \text{ là số nguyên.} \quad (1-1)$$

Trong đó: $a\% \cdot Q_{\text{ngày}}$: là bậc bơm lớn nhất của chế độ bơm lựa chọn; Q_{1b} : là lưu lượng của 1 bơm, thường lưu lượng của 1 bơm lấy bằng lưu lượng của bậc bơm nhỏ nhất; α : là hệ số giảm lưu lượng khi các bơm hoạt động đồng thời, phụ thuộc vào n ($n=2, \alpha=0,98; n=3, \alpha=0,95; \dots$).

- Tính toán xác định áp lực bơm: Trên cơ sở lưu lượng tính toán của 1 bơm, số lượng bơm làm việc, dự phòng (Số lượng bơm dự phòng lấy theo số lượng bơm làm việc theo tiêu chuẩn, quy phạm quy định), lưu lượng bậc bơm lớn nhất tiến hành lập sơ đồ bố trí bơm, ống hút, ống đẩy và các phụ tùng, thiết bị để tính toán áp lực bơm:

$$H_{1b} = H_{\text{trạm bơm}} = (Z_d - Z_b) + H_d + H_{tr} + a \cdot h_d \quad (1-2)$$

Trong đó: Z_d : là cốt mặt đất tại nút đầu mạng lưới cấp nước (m); Z_b : là cốt mực nước thấp nhất trong bể chứa nước sạch (m); H_d : Áp lực yêu cầu tại nút đầu mạng lưới (m); H_{tr} : Tổn thất áp lực trong trạm bơm (m); $a \cdot h_d$: là tổng thất trên đường ống đẩy từ trạm bơm đến nút đầu mạng lưới (m).

Từ lưu lượng của 1 bơm (Q_{1b}) và áp lực bơm (H_{1b}) dựa vào catalog của các hãng bơm để chọn ra loại bơm có hiệu suất cao, chạy ổn định, giá hợp lý...

Nghiên cứu thiết lập cơ sở tính toán chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 khi sử dụng công nghệ biến tần:

- Hệ thống thiết bị biến tần làm biến đổi tần số dòng điện cấp vào động cơ dẫn đến thay đổi số vòng quay trục động cơ và làm thay đổi các thông số của máy bơm. Mối liên hệ giữa các thông số như sau:

$$n = \frac{60 \cdot f}{P}; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta}$$

Trong đó:

n : là số vòng quay trục động cơ, máy bơm; f : là tần số dòng điện; P : là số cực; Q : là lưu lượng bơm; H : là áp lực bơm; N : công suất của bơm; η_b : là hiệu suất của bơm; γ : là trọng lượng riêng chất lỏng, n_1 là số vòng quay máy bơm tương ứng với lưu lượng bơm Q_1 , áp lực bơm H_1 và công suất bơm N_1 .

- Mối quan hệ giữa hiệu suất và mức tải của động cơ:

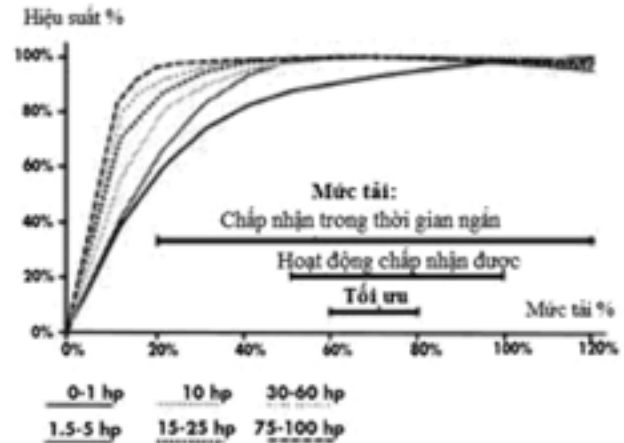
Mức tải = Công suất ra (N_{ra}) / Công suất của động cơ (N_{dc})

Trong đó: "tải" tức là máy bơm; N_{ra} : là công suất trên trục động cơ truyền cho máy bơm; N_{dc} : là công suất định mức của động cơ, đó là công suất mà động cơ hoạt động ở trạng thái bình thường, đảm bảo an toàn và bền vững.

Hầu hết các nhà sản xuất thiết kế động cơ vận hành ở mức tải bằng (50-100)% tải định mức và hiệu quả nhất ở mức tải 75%. Khi tải giảm xuống dưới mức 50% thì hiệu suất động cơ giảm xuống rất nhanh. Ngược lại khi động cơ điện làm việc trên 100% tải định mức, sẽ bị quá tải, gây phát nóng và giảm hiệu suất.

Từ biểu đồ trên Hình 1 ta thấy, để động cơ điện đạt hiệu suất cao thì chỉ nên cho bơm hoạt động trong dải công suất chấp nhận được bằng (50-100)% Công suất định mức của động cơ và công suất tính toán của bơm ở mức tối ưu bằng (60-80)% Công suất định mức của động cơ.

Như vậy muốn biến tần trạm bơm đạt được hiệu quả tiết kiệm điện năng cao, làm việc an toàn, bền vững thì cần



Hình 1 – Biểu đồ quan hệ giữa hiệu suất và mức tải của động cơ

(Nguồn: Tài liệu hướng dẫn sử dụng hiệu quả năng lượng trong các ngành công nghiệp Châu Á)

tính toán lựa chọn được bơm sao cho trong quá trình làm việc, công suất của bơm chỉ thay đổi trong dải công suất (50-100)% và làm việc chủ yếu trong dải công suất bằng (60-80)% công suất định mức của động cơ.

Vì lưu lượng bơm tỷ lệ bậc nhất với số vòng quay, công suất bơm tỷ lệ bậc ba với số vòng quay, tức là cũng tỷ lệ bậc ba với lưu lượng, nên:

Nếu muốn công suất bơm chỉ thay đổi trong dải hoạt động chấp nhận được (50-100)% công suất định mức của động cơ thì biến tần cần điều khiển sao cho số vòng quay máy bơm chỉ thay đổi trong dải (79-100)% và khi đó lưu lượng bơm cũng chỉ thay đổi tương ứng trong dải (79-100)%

Nếu muốn công suất bơm chỉ thay đổi trong dải hoạt động tối ưu (60-80)% công suất định mức của động cơ thì biến tần cần điều khiển sao cho số vòng quay máy bơm chỉ thay đổi trong dải (84-93)% và khi đó lưu lượng bơm cũng chỉ thay đổi tương ứng trong dải (84-93)%.

- Thiết lập cơ sở chọn số lượng bơm:

Dựa vào biểu đồ tiêu thụ nước hoặc hệ số không điều hòa giờ dùng nước lớn nhất ($K_{h,max}$), hệ số không điều hòa giờ nhỏ nhất ($K_{h,min}$) xác định được lưu lượng giờ dùng nước lớn nhất, nhỏ nhất.

Ta có:

$$Q_{h,max} = Q_{h.tb} \times K_{h,max} \quad (m^3/h);$$

$$Q_{h,min} = Q_{h.tb} \times K_{h,min} \quad (m^3/h)$$

Trong đó: $Q_{h.tb}$, $Q_{h,max}$, $Q_{h,min}$: là lưu lượng giờ dùng nước trung bình, giờ dùng nước lớn nhất, giờ dùng nước nhỏ nhất trong hệ thống.

Chọn mức biến tần điều chỉnh để công suất bơm thay đổi trong dải hoạt động chấp nhận được là (50-100)%, khi đó lưu lượng bơm sẽ chỉ thay đổi trong dải (79-100)%. Và số lượng bơm có thể xác định bằng công thức sau:

$$n = \frac{Q_{h,max}}{\frac{100}{79} \cdot Q_{h,min}} = \frac{Q_{h,max}}{1,27 \cdot Q_{h,min}} \quad (2-1)$$

Chọn n là số nguyên.

- Thiết lập cơ sở xác định lưu lượng bơm:

Để công suất bơm hoạt động ở mức bằng 75% công suất định mức của động cơ, tức là lưu lượng bơm bằng 90% lưu

lượng bơm ứng với công suất định mức của động cơ. Lưu lượng của 1 bơm có thể xác định bằng công thức sau:

Đối với phương án chỉ biến tần 1 bơm trong các bơm làm việc:

$$Q_{1b} = \frac{Q_{h,max}}{[(n-1) + (1 + \frac{100-90}{100})].\alpha} = \frac{Q_{h,max}}{(n+0,1).\alpha} \quad (m^3/h) \quad (2-2)$$

Đối với phương án biến tần đều cho tất cả các bơm làm việc:

$$Q_{1b} = \frac{Q_{h,max}}{n.[1 + \frac{100-90}{100}].\alpha} = \frac{Q_{h,max}}{1,1.n.\alpha} \quad (m^3/h) \quad (2-3)$$

Trong đó: α : là hệ số giảm lưu lượng khi các bơm hoạt động đồng thời, phụ thuộc vào n ($n=2, \alpha=0,98$; $n=3, \alpha=0,95$; ...).

Từ công thức (2-2) và (2-3) ta cũng thấy rằng, cùng lưu lượng tiêu thụ trong giờ dùng nước lớn nhất $Q_{h,max}$ nếu chọn phương án biến tần cho tất cả các bơm hoạt động thì lưu lượng mỗi bơm sẽ nhỏ hơn so với phương án chỉ biến tần một bơm trong hệ thống, và do đó hiệu quả năng lượng cũng sẽ cao hơn.

Ngoài ra, sau khi xác định được lưu lượng 1 bơm ta cũng cần phải kiểm tra lại điều kiện: $Q_{h,min} \geq 79\% Q_{1b}$

- Thiết lập công thức tính toán áp lực bơm: Tương tự như tính toán xác định áp lực bơm đối với trường hợp hệ thống cấp nước thông thường, sử dụng đài điều hòa. Tức là, lập sơ đồ bố trí bơm, ống hút, ống đẩy và các phụ tùng, thiết bị để tính toán áp lực bơm như sau:

$$H_{1b} = H_{\text{trạm bơm}} = (Z_d - Z_b) + H_d + H_{tr} + a.h_d \quad (m) \quad (2-4)$$

Trong đó: Z_d : là cốt mặt đất tại nút đầu mạng lưới cấp nước (m); Z_b : là cốt mực nước thấp nhất trong bể chứa nước sạch (m); H_d : Áp lực yêu cầu tại nút đầu mạng lưới (m); H_{tr} : Tổn thất áp lực trong trạm bơm (m); $a.h_d$: là tổng thất trên đường ống đẩy từ trạm bơm đến nút đầu mạng lưới (m).

Từ lưu lượng của 1 bơm (Q_{1b}) và áp lực bơm (H_{1b}) dựa vào catalog của các hãng bơm để chọn ra loại bơm có hiệu suất cao, chạy ổn định, giá hợp lý...

3. Kết quả và bàn luận

Đối với hệ thống cấp nước, sử dụng công nghệ biến tần điều khiển trạm bơm cấp 2, đề xuất cơ sở tính toán chọn bơm cho trạm bơm cấp 2 như sau:

1- Cơ sở xác định số lượng bơm hoạt động:

$$n = \frac{Q_{h,max}}{1,27.Q_{h,min}} \quad \text{Chọn } n \text{ là số nguyên.} \quad (3-1)$$

2- Cơ sở xác định lưu lượng bơm:

Khi chỉ biến tần 1 bơm trong hệ thống các bơm làm việc:

$$Q_{1b} = \frac{Q_{h,max}}{((n-1) + 1,1).\alpha} \quad (m^3/h) \quad (3-2)$$

Khi biến tần tất cả các bơm làm việc trong hệ thống:

$$Q_{1b} = \frac{Q_{h,max}}{1,1.n.\alpha} \quad (m^3/h) \quad (3-3)$$

3- Cơ sở xác định áp lực bơm:

$$H_{1b} = H_{\text{trạm bơm}} = (Z_d - Z_b) + H_d + H_{tr} + a.h_d \quad (m) \quad (3-4)$$

4- Với hệ thống bơm trong trạm bơm cấp 2 khi được tính toán lựa chọn trên cơ sở xác định số lượng bơm, lưu lượng bơm, áp lực bơm theo các công thức (3-1), (3-2), (3-3), (3-4) là điều kiện để đảm bảo cho các bơm hoạt động trong vùng điều khiển hiệu quả, có hiệu suất cao, an toàn, bền vững, đạt hiệu quả tiết kiệm điện năng cao./.

Tài liệu tham khảo

1. Lê Thị Dung. Máy bơm và trạm bơm. Đại học Xây dựng 1985
2. Lê Dung. Công trình thu nước, Trạm bơm cấp thoát nước. NXB Xây dựng 2003
3. Vũ Minh Đức. Máy thủy lực. Trường Đại học Kiến trúc 2019
4. TS. Nguyễn Văn Tín. Cấp nước - Mạng lưới cấp nước. NXB Khoa học & Kỹ thuật 2001.
5. Phan Văn Cường. Giáo trình biến tần. Trường CĐ Công nghệ VIETTRONICS
6. Võ Chí Lợi. Giáo trình Động cơ điện
7. Tài liệu hướng dẫn sử dụng hiệu quả năng lượng trong các ngành công nghiệp Châu Á.

Tính toán nút liên kết hàn trực tiếp thanh thép ống...

(tiếp theo trang 28)

Độ bền nút của thanh bụng 2: $N_{2,Rd} = 986kN > 400kN$

- Đạt

Kết luận và kiến nghị

Trên đây đã trình bày về yêu cầu cấu tạo và cách tính toán một số kiểu nút liên kết trực tiếp các thanh thép ống khi chịu mô men hoặc khi chịu lực dọc, trong trường hợp có khe hở giữa các thanh bụng. Cách tính toán nút liên kết này khác khá nhiều so với tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam.

Các ví dụ minh họa, dễ dàng vận dụng để tính toán một số nút liên kết thông dụng trong kết cấu giàn thép ống trong thực tế ở Việt Nam.

Cần có các nghiên cứu tiếp theo cho các loại nút liên kết cho cấu kiện thanh khác: thanh thép hộp hoặc thanh định hình.../.

Tài liệu tham khảo

1. Designers' Guide to Eurocode 3: Design of Steel Buildings, 2nd edition, National Annex for EN 1993-1-1 (UK NA to BS EN 1993-1-1).
2. Tata Steel (2013), Welded Joints Examples Celsius 355 NH, Tata Steel Europe Limited.
3. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints.