

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**KHOA CƠ – ĐIỆN**



**BÁO CÁO**

**NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN**

**NĂM HỌC 2022 – 2023**

**Đề tài:** *Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng mô hình thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực*

<b>Nhóm sinh viên:</b>	Tạ Đình Thứ	Lớp CN chế tạo máy K65
	Cao Xuân Trường	Lớp Kỹ thuật ô tô K65
	Trương Đình Đức	Lớp Tự động hoá K64
	Nguyễn Đăng Nam	Lớp Tự động hoá K65
<b>GVHD:</b>	ThS. Nguyễn Sơn Tùng	BM Kỹ thuật cơ khí

*Hà Nội, 5/2023*

## Mục lục

Mục lục .....	2
Lời nói đầu .....	6
Chương 1 Giới thiệu công trình trạm thủy điện.....	7
1.1 Vai trò của trạm thủy điện.....	7
1.2 Cấu tạo trạm thủy điện.....	7
1.2.1 Hồ chứa.....	7
1.2.1 Đập dâng .....	8
1.2.3 Tua-bin thủy lực và máy phát điện .....	9
1.2.4 Cửa hạ lưu và ống thoát.....	11
1.2.5 Nhà máy thủy điện.....	12
1.3 Hệ điều tốc tua-bin thủy điện công suất nhỏ .....	13
1.3.1 Công suất tổ máy và công suất phụ tải trên lưới điện.....	13
1.3.2 Nguyên lý bộ điều tốc .....	16
1.3.3 Chức năng của bộ điều tốc tua-bin thủy điện .....	18
Chương 2 Cơ sở điều khiển tốc độ động cơ điện.....	19
2.1 Động cơ điện và ứng dụng .....	19
2.1.1 Khái niệm động cơ điện.....	19
2.1.2 Ứng dụng .....	19
2.1.2 Phân loại động cơ điện.....	19
2.2 Một số phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện.....	23
2.2.1 Điều khiển tốc độ động cơ điện một pha bằng bộ chiết áp.....	23
2.2.2 Điều khiển tốc độ động cơ điện ba pha bằng biến tần.....	26
2.2.3 Điều khiển tốc độ động cơ điện bằng vi điều khiển Arduino .....	28
Chương 3 Nghiên cứu, xây dựng bộ thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực.....	29
3.1 Phân tích yêu cầu thiết kế .....	29

3.2 Lựa chọn sơ đồ nguyên lý.....	29
3.3 Tính toán, thiết kế, xây dựng mô hình bộ thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực .....	30
3.3.1 Lựa chọn động cơ mô tả tốc độ quay của tua-bin.....	30
3.3.2 Lựa chọn động cơ mô tả góc xoay cánh hướng dòng.....	31
3.3.3 Lựa chọn vi điều khiển Arduino .....	31
3.3.4 Lựa chọn Driver điều khiển động cơ .....	33
3.3.5 Lập trình điều khiển Arduino Uno R3.....	33
Kết luận.....	37
Tài liệu tham khảo .....	38

Hình 1- 1 – Hồ chứa thủy điện.....	8
Hình 1- 2 – Đập dâng nhà máy thủy điện Bản Chát (nguồn Internet).....	9
Hình 1- 3 – Tổ hợp tua-bin – máy phát dạng tua-bin bóng đèn .....	10
Hình 1- 4 – Cấu tạo một công trình trạm thủy điện.....	11
Hình 1- 5 – Nhà máy thủy điện.....	12
Hình 1- 6 – Sơ đồ xác định cột áp nhà máy, cột áp đặt vào tua-bin.....	13
Hình 1- 7 – Biểu đồ nhật ký lưu lượng nước về hồ (Vận hành hồ chứa Thác Xăng) .....	14
Hình 1- 8 – Cấu tạo cánh hướng nước tua-bin Kaplan trục đứng .....	14
Hình 1- 9 – Lưới truyền tải điện năng .....	15
Hình 1- 10 – Nguyên lý bộ điều tốc cơ khí.....	16
Hình 1- 11 – Nguyên lý bộ điều tốc thủy lực có phản hồi.....	17
Hình 1- 12 – Cơ cấu điều tốc thủy lực của tua-bin thủy lực.....	18
<i>Hình 2- 1 – Động cơ điện không đồng bộ ba pha Việt - Hung .....</i>	<i>19</i>
Hình 2- 2 – Động cơ bước .....	20
Hình 2- 3 – Nguyên lý cấu tạo cơ bản của động cơ bước.....	20
Hình 2- 4 – Sơ đồ mạch điện điều khiển một loại động cơ bước .....	21
Hình 2- 5 – Sơ đồ nguyên lý động cơ điện sử dụng nguồn điện 1 pha có tụ khởi động .....	22
Hình 2- 6 – Ứng dụng chiết áp/dimmer điều khiển tốc độ quạt trần [8] .....	23
Hình 2- 7 – Họ đường đặc tính cơ nhân tạo khi thay đổi U đặt vào phần ứng động cơ một chiều kích từ độc lập.....	24
Hình 2- 8 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều không chổi than 37GB352525	
Hình 2- 9 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ KDE4578.....	25
Hình 2- 10 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ ZS-X9B .....	26
Hình 2- 11 – Nguyên lý cấu tạo của bộ biến tần nguồn vào 3 pha.....	26
Hình 2- 12 – Sơ đồ đấu nối biến tần điều khiển tốc độ động cơ 3 pha, nguồn cấp 1 pha (trái) và 3 pha (phải) .....	27
Hình 2- 13 – Sơ đồ nguyên lý điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng Arduino .....	28

Hình 3- 1 – Sơ đồ khối hệ thống điều khiển động cơ mô tả kịch bản khởi động và dừng tổ máy tua-bin thủy điện .....	30
Hình 3- 2 – Động cơ điện một chiều 12V, hộp giảm tốc 1:48.....	30
Hình 3- 3 – Động cơ SG90 .....	31
Hình 3- 4 – Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển Arduino Uno R3 .....	32
Hình 3- 5 – Mạch cầu H – L298 .....	33

## Lời nói đầu

Năng lượng là một trong những yếu tố thúc đẩy sự phát triển kinh tế và đời sống nhân dân. Hiện nay, nước ta đang trên đà phát triển và năng lượng là một trong những yếu tố trọng tâm cần đầu tư phát triển. Các dạng năng lượng được khai thác phổ biến tại nước ta bao gồm năng lượng từ nguồn than đá cung cấp nhiên liệu cho các nhà máy nhiệt điện, năng lượng từ nguồn dầu mỏ và khí đốt cung cấp cho các nhà máy nhiệt điện dùng khí (khí gas) hoặc dùng dầu, thủy điện. Gần đây, Chính phủ và các doanh nghiệp quan tâm đầu tư phát triển năng lượng thủy điện, năng lượng điện mặt trời, năng lượng điện gió và năng lượng điện thủy triều. Trong đó, thủy điện công suất nhỏ và vừa nằm trong chuỗi công trình năng lượng tái tạo sức nước.

Thủy điện công suất nhỏ hiện đang được các nhà đầu tư quan tâm bởi tính năng ưu việt của nó như mức độ ảnh hưởng tới môi trường sinh thái nhỏ, chi phí đầu tư thấp (*vài trăm tỷ*), khai thác triệt để nguồn tài nguyên thủy điện, dễ dàng điều chỉnh công suất cung cấp lên lưới điện địa phương, lưới điện khu vực.

Đề tài: ***“Nghiên cứu, thiết kế, xây dựng mô hình thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực”*** là sự kết hợp kiến thức chuyên môn của nhóm sinh viên ngành Kỹ thuật cơ khí và ngành Kỹ thuật điều khiển và tự động hoá. Trên cơ sở nghiên cứu các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện, kịch bản vận hành trạm thủy điện công suất nhỏ, chúng em xây dựng mô hệ thống bao gồm các động cơ điện, hệ điều khiển tốc độ động cơ nhằm mô tả quá trình khởi động và dừng một tổ máy tại trạm thủy điện công suất nhỏ. Trong quá trình thực hiện, chúng em sử dụng tài liệu tham khảo, sách giáo trình do thầy hướng dẫn cung cấp và một số hình ảnh, tài liệu tham khảo từ mạng internet. Một số hình ảnh được sử dụng trong thuyết minh được vẽ bởi phần mềm hỗ trợ vẽ thiết kế cơ khí chuyên dụng. Việc thiết kế lựa chọn các phần tử trong hệ thống mô hình phần lớn dựa trên cơ sở kinh nghiệm và thiết bị có được sưu tầm sẵn trong quá trình học tập.

***Nhóm sinh viên nghiên cứu khoa học***

## Chương 1 Giới thiệu công trình trạm thủy điện

### 1.1 Vai trò của trạm thủy điện

Trạm thủy điện là một công trình nhằm biến năng lượng của nước thành điện năng. Ngoài ra, trạm thủy điện còn góp phần điều tiết dòng chảy trên các sông tạo điều kiện thuận lợi cho giao thông đường thủy, điều tiết lũ, cung cấp nước cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt. Trạm thủy điện cung cấp điện năng góp phần lớn trong việc thúc đẩy phát triển kinh tế của đất nước nói chung và địa phương nơi xây dựng lắp đặt công trình. Đặc biệt, các công trình trạm thủy điện thường được xây dựng ở vùng núi cao, là những nơi kinh tế còn chưa phát triển, mức sống của người dân còn thấp. Trạm thủy điện góp phần phát triển kinh tế địa phương, xây dựng cơ sở hạ tầng [1], [2].

Về mặt cung cấp điện năng, trạm thủy điện có vai trò lớn trong việc đảm bảo cung cấp nguồn năng lượng, cân bằng phụ tải tiêu thụ trên lưới điện quốc gia và địa phương. Trạm thủy điện công suất nhỏ và vừa góp phần giữ ổn định lưới điện địa phương, đáp ứng nhu cầu sử dụng điện năng vào các cung giờ cao điểm.

Tùy theo vai trò và công suất lắp đặt các tổ máy trạm thủy điện được chia thành các nhóm:

- Trạm thủy điện công suất lớn (*trên 1000 MW*), trạm thủy điện công suất trung bình (*dưới 1000 MW*), trạm thủy điện công suất nhỏ (*dưới 30 MW*);
- Trạm thủy điện đa mục tiêu là các trạm thủy điện ngoài chức năng phát điện còn có chức năng cắt lũ, điều tiết lũ và cung cấp nước cho sản xuất nông nghiệp trong khu vực.

### 1.2 Cấu tạo trạm thủy điện

Trạm thủy điện là một tổ hợp bao gồm hồ chứa, đập dâng, công trình thủy công và nhà máy thủy điện nhằm thực hiện nhiệm vụ tích trữ nước và khai thác năng lượng nước một cách an toàn, hiệu quả.

#### 1.2.1 Hồ chứa

Sau khi xây dựng xong đập chắn nước và bắt đầu tích nước vào hồ nhằm tạo ra mực nước cao và ổn định thì phần không gian bị ngập nước được gọi là hồ chứa. Hồ chứa có thể là một phần đoạn sông khi mực nước dâng cao hoặc một thung lũng bị ngập nước. Hồ chứa liên tục được cấp nước bởi dòng sông chính hoặc các con sông, dòng suối ở khu vực quanh đó. Hồ chứa được bao bọc bởi núi đồi xung quanh và đập dâng nước của nhà máy. Vị trí của hồ chứa được lựa chọn nhằm đảm bảo giảm tối thiểu tác động xấu đến môi trường và xã hội như giảm thiệt hại về đất rừng, đất canh tác nông nghiệp, khu dân cư ... Dung tích của hồ chứa được

thiết kế theo phân cấp của công trình nhà máy thủy điện. Ở các nhà máy thủy điện cỡ nhỏ dung tích các hồ chứa có thể từ chục triệu cho tới hàng trăm triệu mét khối (Hình 1-1).



*Hình 1- 1 – Hồ chứa thủy điện*

### **1.2.1 Đập dâng**

Đập dâng nước là một hạng mục công trình cơ bản của trạm thủy điện, đập dâng có nhiệm vụ chắn nước, tích nước vào hồ chứa để mực nước dâng cao. Mực nước dâng bình thường, mực nước dâng lớn nhất, mực nước dâng kiểm tra là những thông số cơ bản để thiết kế công trình đập dâng. Đập cần được thiết kế và xây dựng vững chắc nhằm chịu được áp lực nước trong suốt một khoảng thời gian dài có thể tới 200 năm hoặc hơn. Đập dâng có thể được xây dựng bởi bê tông cốt thép hoặc đập đắp bằng đất đá, bên ngoài được phủ lớp bê tông. Phần lớn, đập dâng là một công trình độc lập với nhà máy. Nhà máy được xây dựng phía sau đập. Đôi khi, nhà máy được thiết kế xây dựng ngay trong lòng đập (ví dụ nhà máy thủy điện Hòa Bình). Đối với các nhà máy thủy điện lòng sông (thủy điện công suất nhỏ) đập dâng chính là một phần kết cấu của nhà máy. Nhà điều hành và các gian lắp đặt máy móc, thiết bị liền khối với thân đập tạo ra kết cấu vững chắc.

Thân đập là nơi xây dựng cửa van nhận nước, cửa xả tràn, cửa tháo cạn (cửa xả đáy), đường dẫn dòng (đường ống áp lực) và đường hầm kiểm tra đập chắn nước. Trên mặt đập là nơi xây dựng, lắp đặt cầu giao thông, đường ray cầu trục, trạm thiết bị điều khiển cửa nhận nước, cửa xả nước và hành lang kiểm tra đập.

Hình dáng và chiều cao của đập phụ thuộc vào cao trình thiết kế mực nước trước đập, chiều dài đập có thể kéo dài từ vài chục tới vài trăm mét. Với nhà máy thủy điện công suất



nhỏ, đập có chiều cao tới vài chục mét. Các đập chứa lớn được xây dựng bằng bê tông cốt thép có thể được thiết kế hình vòng cung để tăng khả năng chịu áp lực, các đập có chiều cao và bề rộng không lớn có thể thiết kế tuyến đập thẳng.



Hình 1- 2 – Đập dâng nhà máy thủy điện Bản Chát (nguồn Internet)

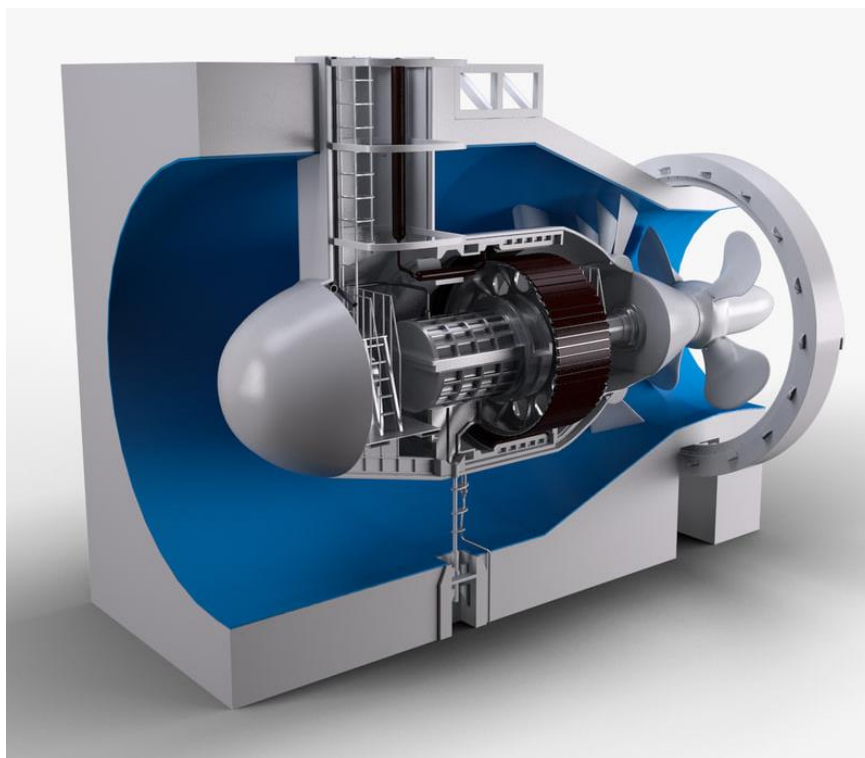
### 1.2.3 Tua-bin thủy lực và máy phát điện

Tua-bin thủy lực là một máy thủy lực có chức năng biến năng lượng của dòng chảy thành cơ năng quay trục máy phát điện. Dựa vào nguyên lý trao đổi năng lượng giữa dòng chảy và bánh công tác, tua-bin thủy điện được chia thành 2 loại: Tua-bin phản lực và tua-bin xung lực [3], [4].

- Dòng chảy qua tua-bin phản lực xảy ra biến đổi cả thành phần năng lượng động năng và thế năng. Dòng chảy điền đầy, liên tục trên buồng xoắn, qua các cánh hướng dòng vào các rãnh lưu thông trên bánh công tác của tua-bin. Tại mép vào của bánh công tác dòng chảy có áp suất lớn và vận tốc nhỏ, dòng chảy được tăng tốc dần khi chảy qua bánh công tác, tại mép ra của bánh công tác dòng chảy có áp suất nhỏ.
- Với tua-bin xung lực dòng chảy được tăng tốc nhờ vòi phun tạo thành dòng tia có vận tốc lớn tới va đập với các bản chắn trên bánh công tác và truyền xung lực của dòng chảy cho bản chắn. Các xung lực này tạo nên mô men quay của bánh công tác.

Dựa trên nguyên lý trên có rất nhiều mẫu tua-bin được thiết kế đưa vào sử dụng. Nhóm thứ nhất bao gồm các tua-bin thủy lực cánh dẫn như tua-bin Francis do nhà khoa học Francis người Pháp phát minh ra, tua-bin Kaplan do nhà khoa học Kaplan người nước Áo phát minh, tua-bin bóng đèn (*capsule hydro-turbine*). Nhóm thứ hai chính là tua-bin gáo (*Pelton turbine*)

và một vài dạng tua-bin đơn giản thời xa xưa hoạt động theo nguyên lý này. Các tua-bin cánh dẫn có hiệu suất cao và phạm vi cột áp, lưu lượng làm việc rộng. Tua-bin Francis có nhiều mẫu phù hợp với cột áp làm việc lớn (tới 200 m) và trung bình (trên 40 m). Tua-bin Francis có góc lõi vào và lõi ra không điều chỉnh được, công suất và hiệu suất làm việc của tua-bin được điều chỉnh bởi cánh hướng dòng. Tua-bin Kaplan có cột áp làm việc nhỏ hơn (từ 20 ÷ 40 m) và lưu lượng làm việc lớn hơn so với tua-bin Francis cùng công suất. Các mẫu tua-bin Kaplan ngày nay có thể được thiết kế có cánh cố định hoặc cánh xoay. Loại cánh xoay cho phép điều chỉnh linh hoạt lưu lượng dòng chảy qua tua-bin mà vẫn giữ được hiệu suất làm việc lớn. Ở tua-bin Kaplan cánh xoay, công suất và hiệu suất làm việc của tua-bin được điều chỉnh nhờ cả cánh hướng và cánh xoay của bánh công tác. Với trạm thủy điện công suất nhỏ hoặc cột áp làm việc nhỏ hơn 20 m có thể dùng tua-bin dạng bóng đèn. Loại tua-bin này có đặc điểm kết cấu trục nằm ngang và máy phát điện được lắp đặt bên trong bầu (*bóng đèn*) của phần dẫn hướng và tăng tốc dòng chảy trước khi vào cánh hướng.



Hình 1- 3 – Tổ hợp tua-bin – máy phát dạng tua-bin bóng đèn

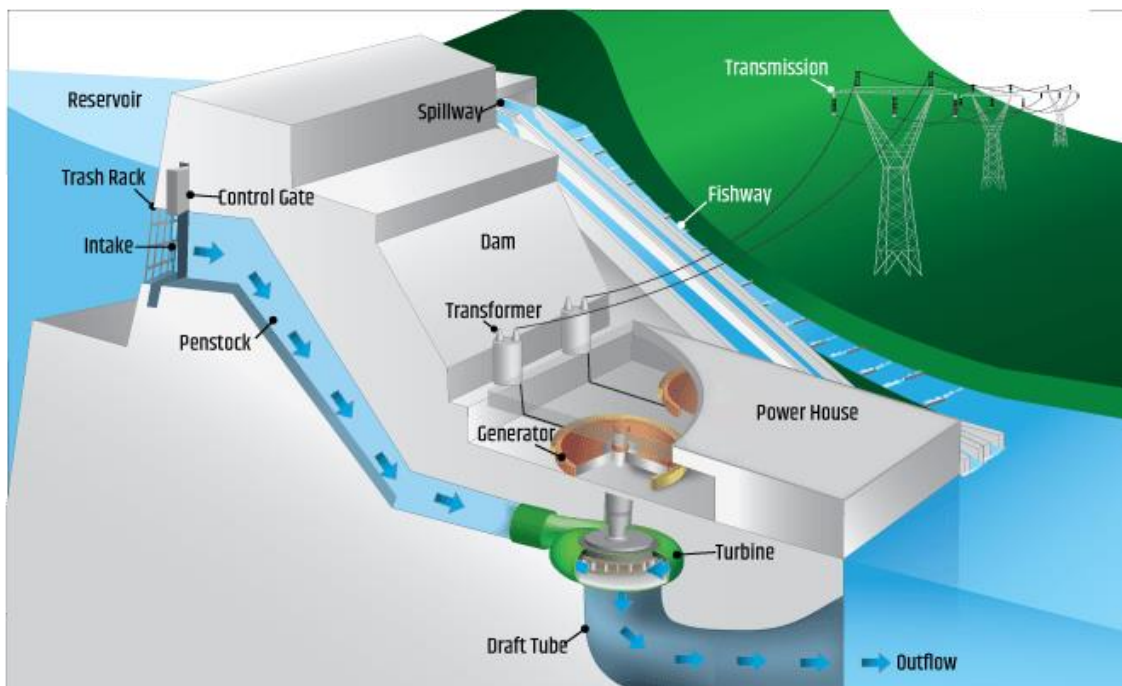
Máy phát điện trong các tổ hợp tua-bin – máy phát là các máy phát điện 3 pha, không đồng bộ rô-to dây quấn. Máy phát điện hoạt động theo nguyên lý cảm ứng điện từ. Đây là một trong những nguyên lý cơ bản của các máy điện.

Các máy phát điện tại trạm thủy điện thường có số đôi cực từ lớn, tốc độ quay của trục thì khá nhỏ (*chỉ vài trăm vòng/phút*). Trục của máy phát điện thường kết nối thẳng với trục của tua-bin.

### 1.2.4 Cửa hạ lưu và ống thoát

Phía sau tua-bin là đoạn ống thoát và cửa xả nước xuống hạ lưu. Ống thoát là một chi tiết có hình dạng cong tròn và loe rộng dần với tiết diện hình tròn đối với ống thép hoặc tiết diện hình chữ nhật đối với ống bê tông cốt thép. Tiết diện của ống loe rộng dần nhằm mục đích tăng vận tốc dòng chảy và giảm áp suất tĩnh tại lõi vào ống hút tạo ra hiệu ứng hút. Điều này góp phần làm tăng hiệu suất làm việc của tua-bin.

Cửa xả nước có vai trò xả nước khi tua-bin làm việc. Trong trường hợp cần phải kiểm tra, tháo lắp tua-bin thì cửa xả nước cần phải đóng kín để ngăn không cho nước từ phía hạ lưu chảy ngược lại buồng tua-bin. Trong một số trường hợp, cửa xả nước còn giữ vai trò là cửa đóng khẩn cấp để chặn dòng chảy vào tua-bin khi xảy ra sự cố lồng tốc hoặc yêu cầu phải dừng máy. Lúc này, cánh cửa xả nước phải có khối lượng lớn và kết cấu vững chắc để đảm bảo rằng hạ cửa bằng tự trọng dưới tác dụng của dòng chảy và áp lực nước va. Tuy nhiên, việc đóng khẩn cấp bằng cửa xả nước khiến bánh công tác, cánh hướng và ống dẫn áp lực chịu tác động của hiện tượng nước va.



Reservoir – Hồ chứa, Trash Rack – Lưới chắn rác, Intake – Cửa nhận nước, Control Gate – Cửa vận hành, Penstock – Đường dẫn dòng, Draft Tube - Ống thoát, Turbine – Tua-bin, Generator – Máy phát, Transformer – Máy biến áp, Dam – Đập dâng, Spillway – Đường trượt, Fishway – Dòng thủy sinh, Transmission – Hệ truyền tải điện, Power House – Nhà máy thủy điện

Hình 1- 4 – Cấu tạo một công trình trạm thủy điện

### 1.2.5 Nhà máy thủy điện

Nhà máy thủy điện là một phần của công trình trạm thủy điện. Nhà máy thủy điện là nơi lắp đặt các tổ máy tua-bin thủy điện – máy phát, hệ thống kích từ, trạm biến áp, hệ thống điều khiển máy đóng cắt, hệ thống giám sát quá trình hoạt động của trạm thủy điện, hệ thống truyền tải điện năng và điện tự dùng. Ngoài ra, để đảm bảo sự hoạt động của nhà máy cần có các các thiết bị phục vụ vận hành, sửa chữa cơ khí.

Các thiết bị phụ trợ trong nhà máy thủy điện bao gồm: hệ thống bơm dầu bôi trơn và làm mát các ổ đỡ trục tua-bin và máy phát, hệ thống bơm nước kỹ thuật làm mát dầu bôi trơn, làm mát các ổ đỡ, hệ thống bơm tháo cạn thân đập và nhà máy, hệ thống bơm nước cứu hỏa, hệ thống phòng cháy chữa cháy, trạm máy nén khí, trạm máy phát điện.

Các thiết bị cơ khí thủy công bao gồm: tời trục cơ khí hoặc thiết bị nâng hạ thủy lực phục vụ việc nâng hạ cửa van nhận nước, cửa vận hành, cửa sửa chữa, cửa xả tràn. Cầu trục phục vụ việc lắp đặt máy và sửa chữa cơ khí.



*Hình 1- 5 – Nhà máy thủy điện*

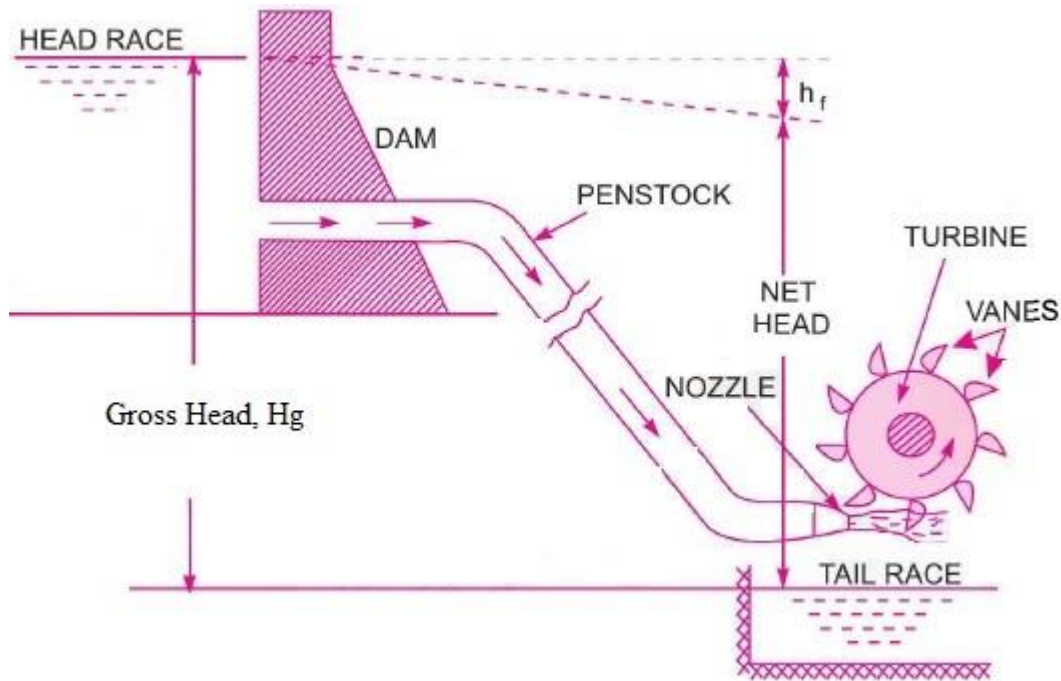
## 1.3 Hệ điều tốc tua-bin thủy điện công suất nhỏ

### 1.3.1 Công suất tổ máy và công suất phụ tải trên lưới điện

Công suất tổ máy được xác định như sau [4]:

$$N_{tl} = \gamma \cdot H_t \cdot Q_t = \eta \cdot \gamma \cdot H \cdot Q \quad (1-1)$$

Trong đó: Trong đó:  $N_{tl}$  – Công suất thủy lực (W),  $\gamma$  – Trọng lượng riêng của nước ( $N/m^3$ ),  $H_t$  – Cột áp đặt vào tua-bin (m),  $Q_t$  – Lưu lượng dòng chảy qua tua-bin ( $m^3/s$ ),  $H$  – Cột áp của nhà máy,  $\eta$  – Hiệu suất của tua-bin (kể tới tổn thất cột áp, lưu lượng).

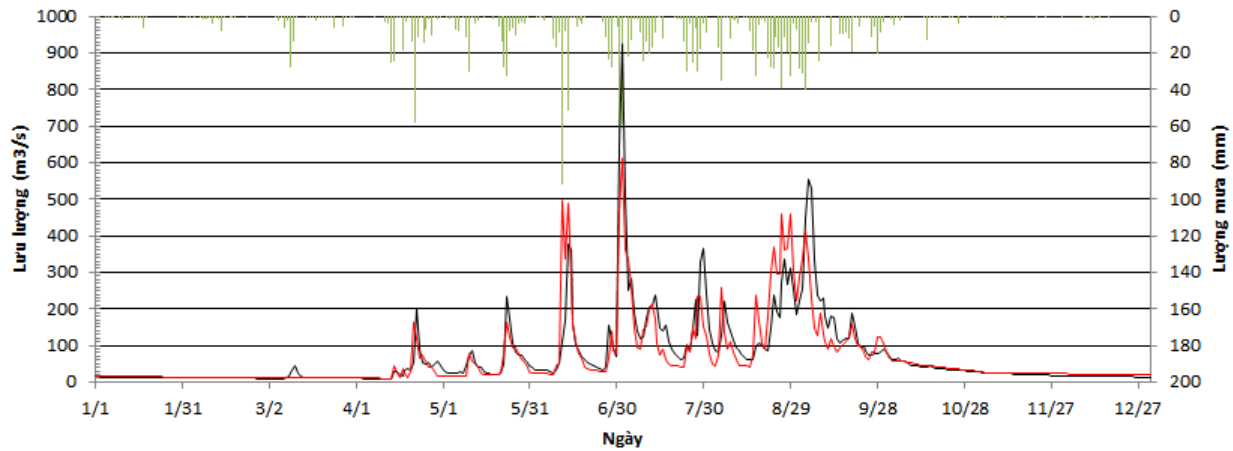


Head race – Mức nước thượng lưu, Gross Head – Cột áp thủy tĩnh, Dam – Đập dâng, Penstock – Đường dẫn, Net head – Cột áp lý tưởng, Nozzle – Vòi phun, Turbine – Tua-bin, Vanes – Cánh gáo, Tail race – Mức nước hạ lưu

Hình 1- 6 – Sơ đồ xác định cột áp nhà máy, cột áp đặt vào tua-bin

$\gamma$  – Trọng lượng riêng của nước ( $N/m^3$ ). Đây là đại lượng không thay đổi.

Cột áp  $H$  thay đổi theo thời điểm và phụ thuộc vào lưu lượng dòng chảy về hồ và lưu lượng dòng chảy ra khỏi hồ.

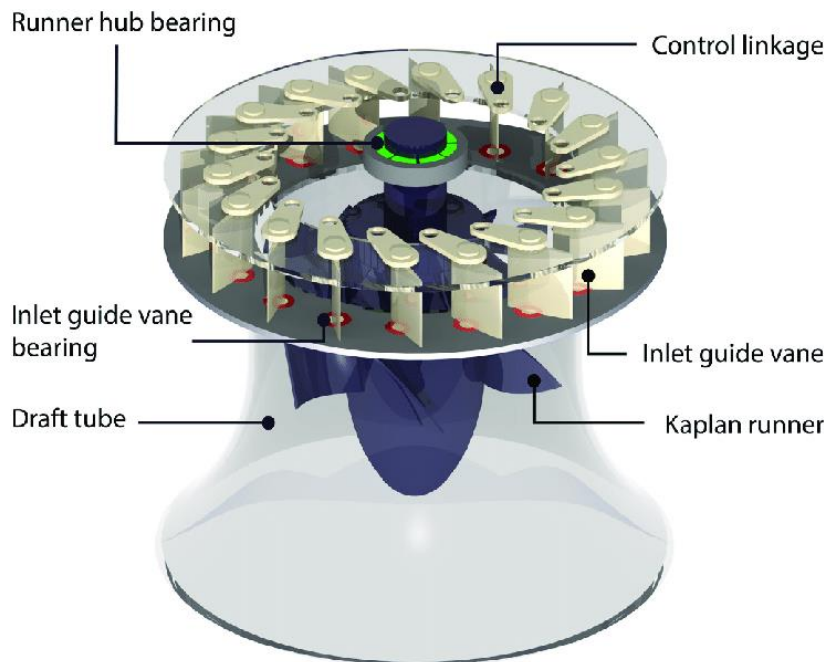


Hình 1- 7 – Biểu đồ nhật ký lưu lượng nước về hồ (Vận hành hồ chứa Thác Xăng)

Lưu lượng dòng chảy qua bánh công tác của tua-bin được điều khiển bởi cửa hướng nước [4]:

$$Q = C_v \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad (1-2)$$

Trong đó:  $C_v$  – Hệ số lưu lượng,  $A$  – Tổng tiết diện lưu thông cửa hướng nước ( $m^2$ ),  $\Delta p$  – Chênh áp phía trước và sau cửa hướng nước,  $\rho$  – Khối lượng riêng của nước.



Runner hub bearing - Ổ đỡ bánh công tác, Control linkage – Thanh nối, Inlet guide vane bearing - Ổ đỡ cánh hướng, Inlet guide vane – Cánh hướng, Kaplan runner – Tua-bin Kaplan, Draft tube - Ống xả

Hình 1- 8 – Cấu tạo cánh hướng nước tua-bin Kaplan trực đứng

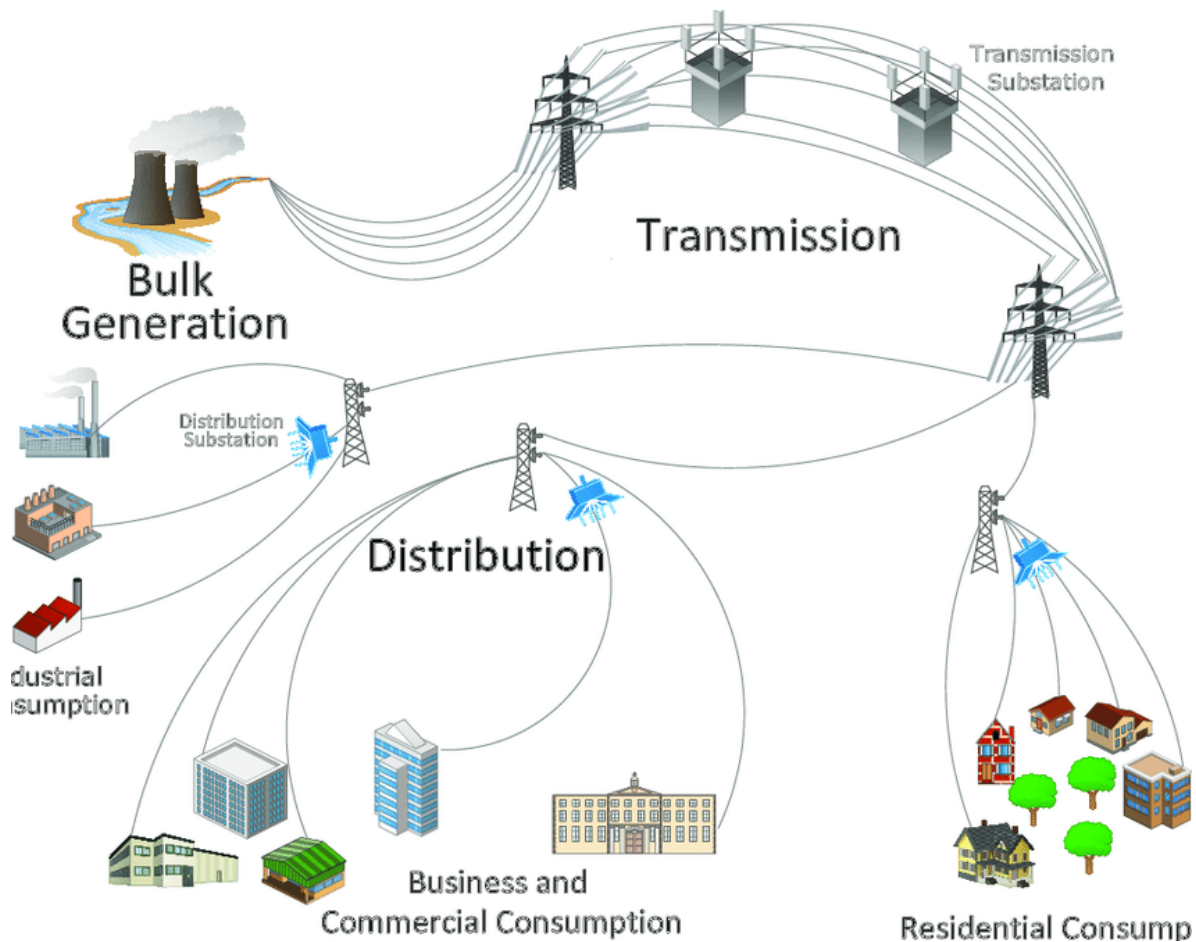
Như vậy, công suất thủy lực là một đại lượng biến đổi khi H và Q thay đổi.

H biến đổi cũng kéo theo Q thay đổi.

Phương trình cân bằng công suất (đặc tính tĩnh):

$$N_{tl} = P = U \cdot I \quad (1-3)$$

Trong đó: N – Công suất tiêu thụ của phụ tải trên lưới, U – Điện áp lưới, I – Dòng điện lưới (định mức).



Bulk Generation – Nhà máy điện, Transmission – Lưới truyền tải, Distribution – Hệ thống phân phối điện, Business and Commercial Consumption – Tiêu thụ điện năng hoạt động sản xuất và thương mại, Residential Consumption – Tiêu thụ điện sinh hoạt

Hình 1- 9 – Lưới truyền tải điện năng

Nhu cầu tiêu thụ điện là một đại lượng ngẫu nhiên biến đổi theo thời điểm (đặc biệt là lưới địa phương).

**Do đó cần liên tục điều chỉnh công suất tổ máy.**

Mặt khác, công suất trên trục của tua-bin được xác định như sau:

$$N_{tl} = M \cdot \omega = M \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (1-4)$$

Trong đó: M – Mô-men động lực trên trục máy,  $\omega$  – Vận tốc góc (1/s), n – Tốc độ vòng quay trục máy (vòng/phút).

Phương trình động lực của trục tua-bin:

$$M - M_C = J \cdot \beta \quad (1-5)$$

Trong đó: M – Mô-men động lực trên tổ máy (N.m),  $M_C$  – Mô men cản do máy phát tạo ra (N.m), J – Mô men quán tính quy về trục máy (kg.m<sup>2</sup>),  $\beta$  – gia tốc góc (1/s<sup>2</sup>).

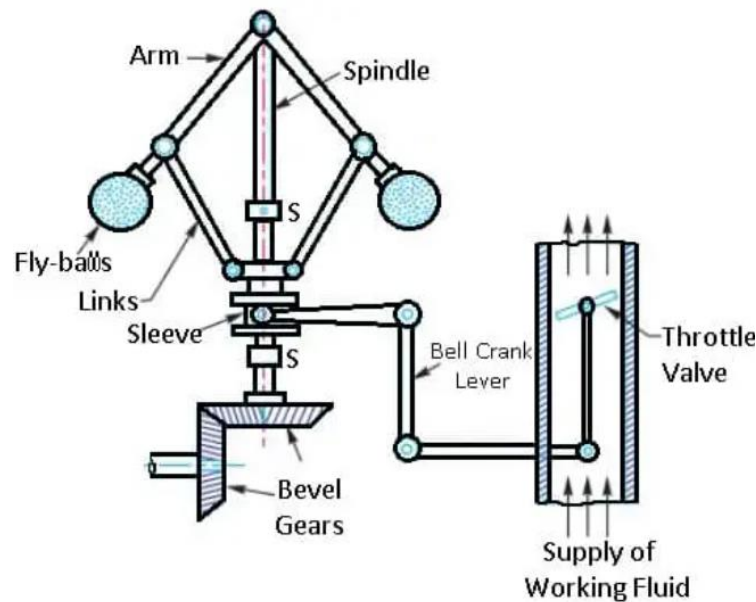
Tần số dòng điện:

$$f = \frac{n \cdot p}{60} \quad (1-6)$$

Trong đó: f – tần số dòng điện (Hz), n – tốc độ vòng quay trục máy (vòng/phút), p – số cặp cực.

Giữ ổn định công suất và cân bằng công suất là cơ sở ổn định tần.

### 1.3.2 Nguyên lý bộ điều tốc

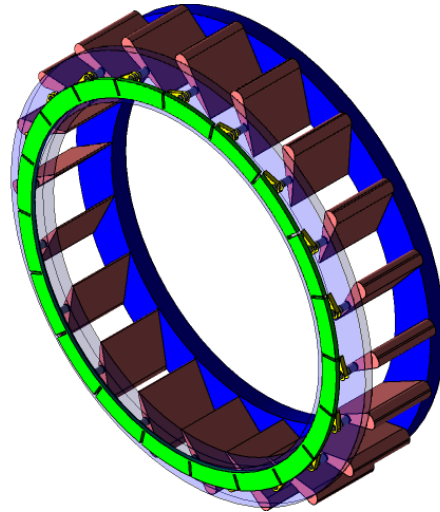
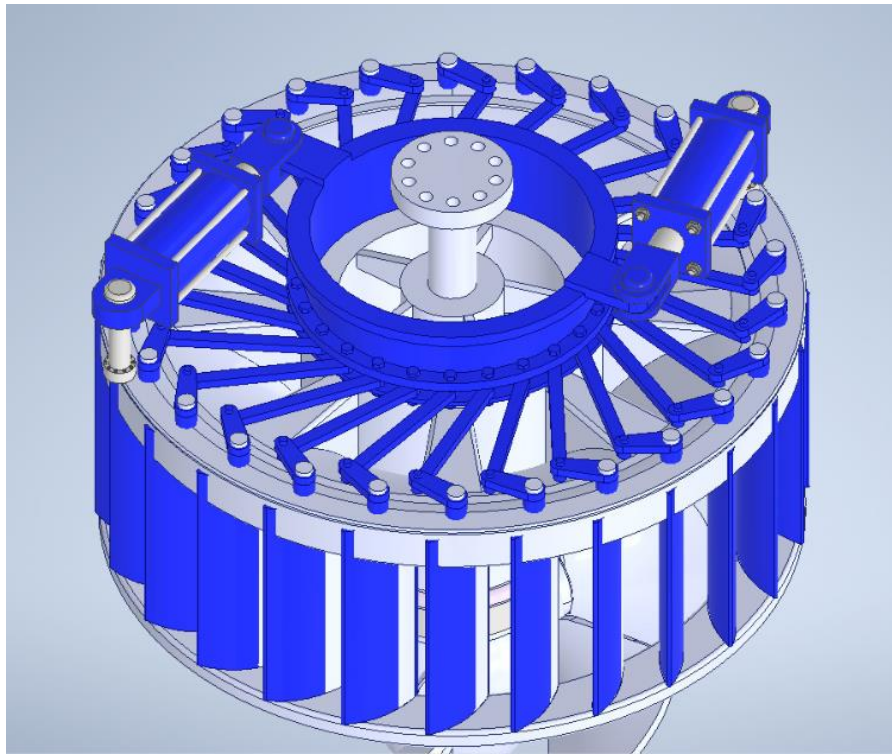


Arm – Thanh treo, Spindle – Trục quay, Fly Ball – Quả văng, Sleeve - Ống trượt, Links – Cần nối, Bevel Gears – Bánh răng nón, Bell Crank Lever – Đòn bẩy, Throttle valve – Van tiết lưu, Supply of Working Fluid – Đường ống cung cấp chất lỏng làm việc

Hình 1- 10 – Nguyên lý bộ điều tốc cơ khí







*Hình 1- 12 – Cơ cấu điều tốc thủy lực của tua-bin thủy lực*

### **1.3.3 Chức năng của bộ điều tốc tua-bin thủy điện**

Đối với tua-bin thủy điện, bộ điều tốc tua-bin giữ vai trò:

- Khởi động và dừng tổ máy an toàn, tránh xảy ra hiện tượng lồng tốc. Khởi động tổ máy êm bằng cách tăng dần công suất của tua-bin. Việc này được thực hiện bằng cách mở dần cánh hướng, điều chỉnh lưu lượng dòng chảy qua bánh công tác của tua-bin tăng dần và ngược lại khi dừng tổ máy;
- Tự động điều chỉnh công suất trên trục tua-bin duy trì trạng thái cân bằng tải nhằm giữ ổn định tần số dòng điện của máy phát trong quá trình làm việc.

## Chương 2 Cơ sở điều khiển tốc độ động cơ điện

### 2.1 Động cơ điện và ứng dụng

#### 2.1.1 Khái niệm động cơ điện

Động cơ điện là một loại máy điện hoạt động theo nguyên lý cảm ứng điện từ dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng [6].

Ngược lại với động cơ điện, thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng được gọi là máy phát điện.

#### 2.1.2 Ứng dụng

Hiện nay, người ta nghiên cứu và phát triển nhiều loại động cơ điện có tính năng đa dạng phục vụ các mục đích sử dụng khác nhau như động cơ đóng vai trò phát lực, động cơ điều khiển các cơ cấu trên máy công cụ, dây chuyền tự động, tay máy và rô-bốt.

#### 2.1.2 Phân loại động cơ điện

##### 1. Động cơ phát lực

Động cơ phát lực phổ biến được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp là động cơ không đồng bộ ba pha. Bởi động cơ này có cấu tạo đơn giản, bền và độ tin cậy lớn [6]. Bên cạnh đó, còn có động cơ điện một chiều, động cơ điện phòng nổ dành cho ứng dụng riêng.

Thông thường, động cơ phát lực làm việc với một cấp tốc độ nhất định và ít đòi hỏi về điều khiển tốc độ.



Hình 2- 1 – Động cơ điện không đồng bộ ba pha Việt - Hung

##### 2. Động cơ định lượng

Động cơ dẫn động các bơm định lượng, thiết bị cấp liệu ngoài yêu cầu cần có đủ mô men phát lực để thắng được mô men cản còn có yêu cầu động cơ quay với tốc độ vòng quay ổn định ngay cả khi tải thay đổi.

Động cơ bơm định lượng là các loại động cơ điện xoay chiều 3 pha hoặc động cơ điện 1 chiều dễ dàng điều chỉnh tốc độ khi kết hợp với biến tần hoặc biến áp. Động cơ đồng bộ thường được ứng dụng cho máy và thiết bị loại này [9]

##### 3. Động cơ bước

Động cơ bước là một loại động cơ điện có cấu tạo gần giống với động cơ điện một chiều, nam châm vĩnh cửu. Động cơ bước khác động cơ điện một chiều ở hai điểm. Đầu tiên, động cơ bước không sử dụng chổi than do đặc điểm cấu tạo ngược lại với động cơ điện một chiều. Động cơ bước có rô-to là nam châm vĩnh cửu, sta-to là cuộn dây đặt trong rãnh lõi thép điện từ. Thứ hai, động cơ bước không quay liên tục, động cơ bước không được cấp dòng điện liên tục. Động cơ bước sẽ xoay từng góc xoay nhất định khi được cấp các xung điện áp. Vì vậy, vị trí của trục động cơ có thể được xác định theo số xung điện áp cấp vào.



*Hình 2- 2 – Động cơ bước*



*Hình 2- 3 – Nguyên lý cấu tạo cơ bản của động cơ bước*

Động cơ bước được điều khiển bởi một vi điều khiển (ví dụ như *Arduino*). Vi điều khiển có nhiệm vụ cung cấp xung điện áp, thời gian cung cấp điện áp và tần số cung cấp xung điện áp để điều khiển vị trí và tốc độ của động cơ nhanh hay chậm.

Động cơ bước được phân loại theo số pha của sta-to hoặc theo cực của động cơ bước [7]:

- Động cơ bước hai pha;
- Động cơ bước ba pha;



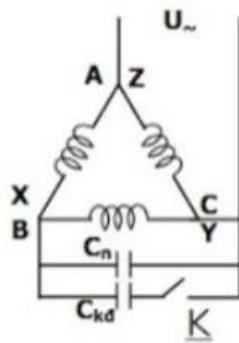
- Kính hiển vi điện tử, thiết bị y tế

- ...

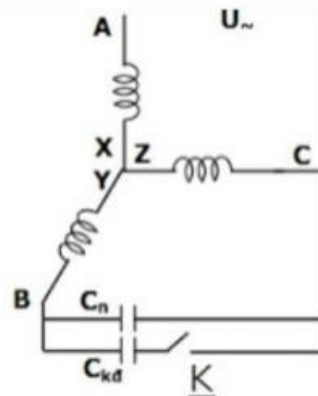
#### 4. Động cơ sử dụng nguồn điện một pha

Động cơ sử dụng nguồn điện một pha tạo từ trường mạch đập, không phải từ trường quay. Muốn động cơ quay được thì phải có tác động quay môi. Để khắc phục điều này, động cơ được thiết kế tạo ra từ trường quay bằng cách tạo ra hai cuộn dây sta-to lệch pha  $90^\circ$  điện bằng cách kết hợp cuộn dây và tụ điện (còn được gọi là động cơ hai pha). Sta-to của động cơ có hai cuộn dây, một cuộn làm việc chính và cuộn còn lại có nhiệm vụ gây ra từ trường lệch pha. Từ trường tổng hợp của sta-to là một từ trường quay [6].

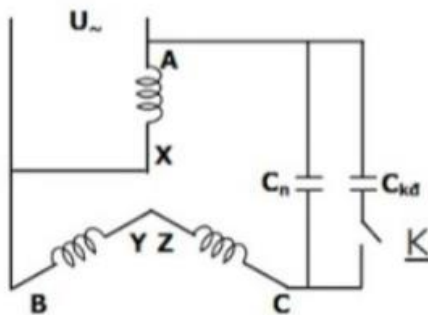
Động cơ điện một pha chủ yếu được sử dụng trong các thiết bị điện gia dụng hoặc các máy công nghiệp có công suất nhỏ. Tốc độ của động cơ điện một pha dễ dàng được điều khiển bằng chiết áp.



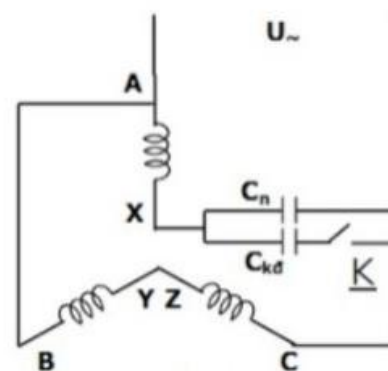
Hình 1



Hình 2

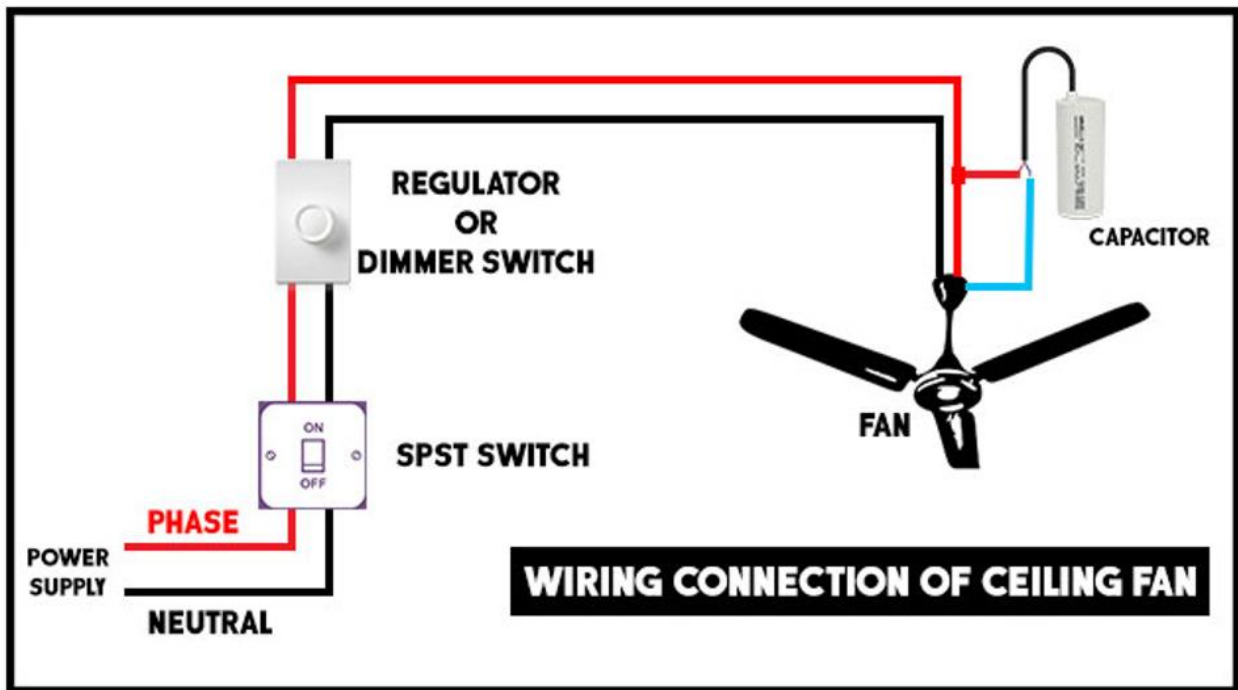


Hình 3



Hình 4

Hình 2- 5 – Sơ đồ nguyên lý động cơ điện sử dụng nguồn điện 1 pha có tụ khởi động



Regular or Dimmer Switch – Điều tốc hoặc Dimmer, Power supply – Nguồn cung cấp điện, Phase – Dây pha, Neutral – Dây trung tính, SPST switch – Công tắc bật/tắt nguồn, Fan – Quạt, Capacitor – Tụ điện, Wiring connection of ceiling fan – Sơ đồ lắp mạch điện quạt trần  
 Hình 2- 6 – Ứng dụng chiết áp/dimmer điều khiển tốc độ quạt trần [8]

## 2.2 Một số phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện

### 2.2.1 Điều khiển tốc độ động cơ điện một pha bằng bộ chiết áp

Mô-men trên trục động cơ điện phụ thuộc vào cường độ dòng điện chạy qua cuộn dây làm việc của cuộn dây. Theo định luật Ôm thì cường độ dòng điện phụ thuộc trực tiếp vào điện áp đặt vào đoạn mạch và tổng trở của đoạn mạch [6]:

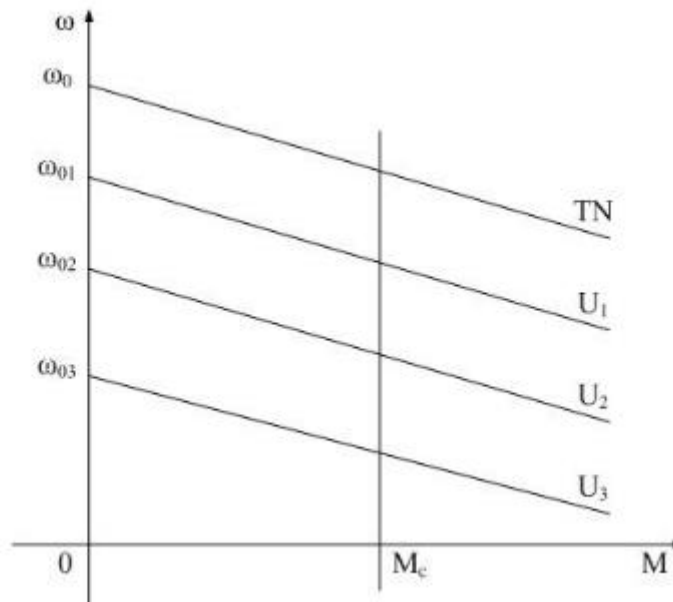
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C})^2}} \quad (2-1)$$

Trong đó: I – cường độ dòng điện định mức chạy qua đoạn mạch, A; U – điện áp định mức của đoạn mạch, V; Z – tổng trở của đoạn mạch,  $\Omega$ ; R – điện trở thuần,  $\Omega$ ;  $\omega$  – vận tốc góc của nguồn điện, 1/s; L – cảm kháng của mạch điện, H; C – dung kháng của tụ điện, F.

Cường độ dòng điện quyết định tới mô-men trên trục động cơ do lực cảm ứng điện từ tạo ra. Theo phương trình động lực học của vật quay, vật sẽ quay đều ở một vận tốc nhất định khi mô-me động lực cân bằng với mô-me cản. Đây là cơ sở điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào động cơ.

Biện pháp này thường được áp dụng với các động cơ điện một pha, nguồn điện xoay chiều công suất thấp (*dưới 4 kW*).

Đối với động cơ điện một chiều, kích từ độc lập có đặc tính làm việc khá cứng, tốc độ của động cơ thay đổi khá nhỏ khi mô-men trên trục động cơ thay đổi. Với giả thiết điện áp cung cấp cho cuộn kích từ không đổi, khi thay đổi điện áp đặt vào phần ứng của động cơ (điện áp biến đổi theo xu hướng nhỏ hơn điện áp định mức) sẽ thu được một họ các đường đặc tính cơ nhân tạo song song và nằm bên dưới so với đường đặc tính cơ tự nhiên.



Hình 2- 7 – Họ đường đặc tính cơ nhân tạo khi thay đổi  $U$  đặt vào phần ứng động cơ một chiều kích từ độc lập

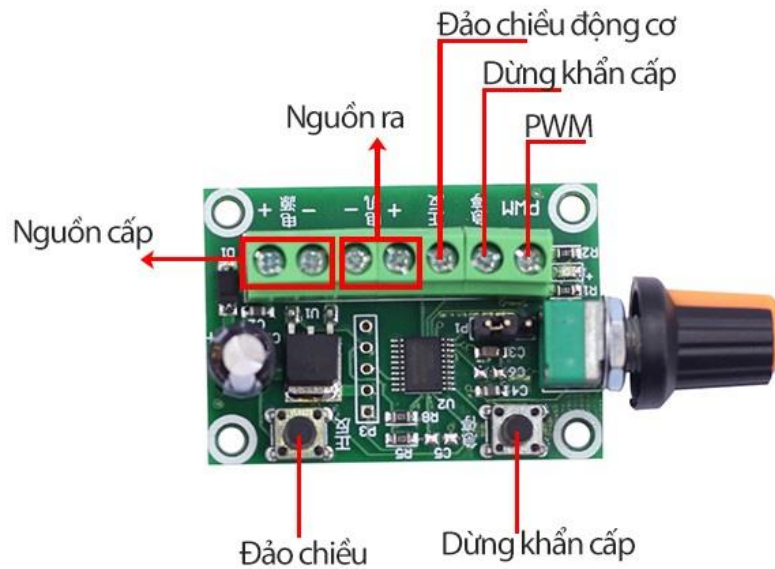
Với các động cơ điện một chiều công suất nhỏ với nguồn điện cung cấp  $5 \div 12V$ , công suất động cơ không quá  $15W$ , cường độ dòng điện định mức dưới  $2A$ , động cơ có tốc độ khá lớn tới  $10.000$  vòng/phút có thể dùng mô-đun điều khiển ZS-X9B hoặc mô-đun KDE4578 [10].

Ví dụ: Bộ điều khiển tốc độ động cơ có núm điều chỉnh tốc độ, dễ vận hành. Bộ điều khiển tốc độ hỗ trợ điện áp  $6-30V$  và phù hợp với động cơ không chổi than 37GB3525. Mô-đun này cho phép việc điều khiển đảo chiều CW(*Thuận*)/CCW(*Nghịch*) bằng nút nhấn khi kết nối nút nhấn thường mở với cổng terminal trên mạch điện. Đặc biệt có bổ sung thêm chế độ dừng khẩn cấp. Tuy nhiên ở module này không có tính năng bảo vệ khi lắp ngược cực nguồn.

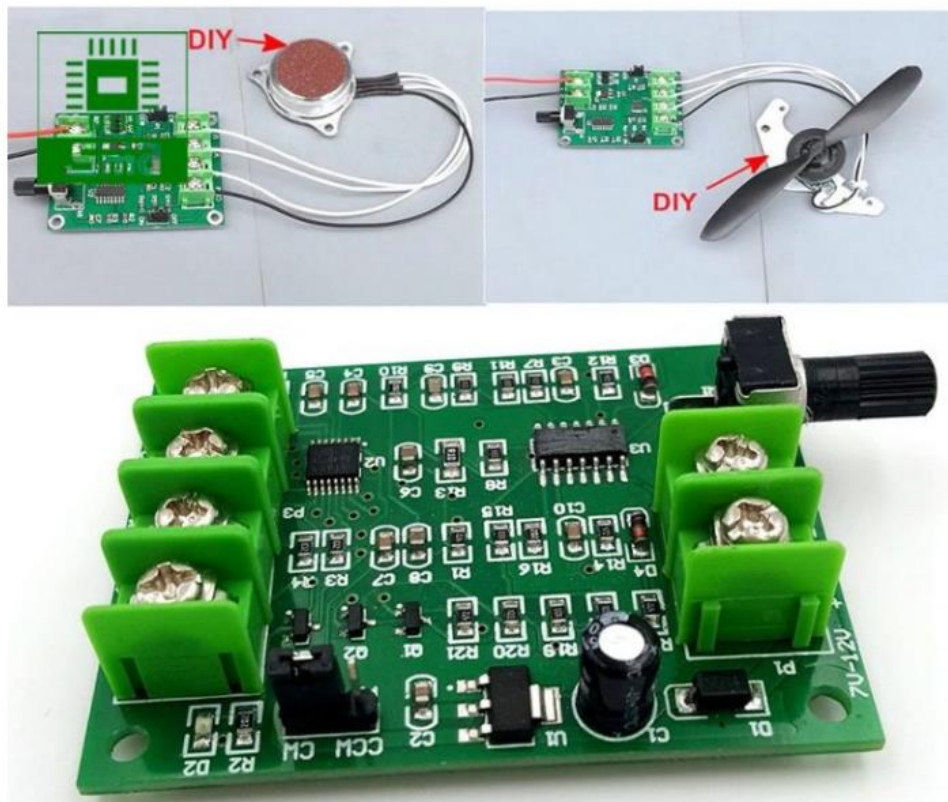
- IC điều khiển: N76E003AT20
- Điện áp đầu vào:  $6-30VDC$
- Tần số hoạt động:  $2kHz/20kHz$



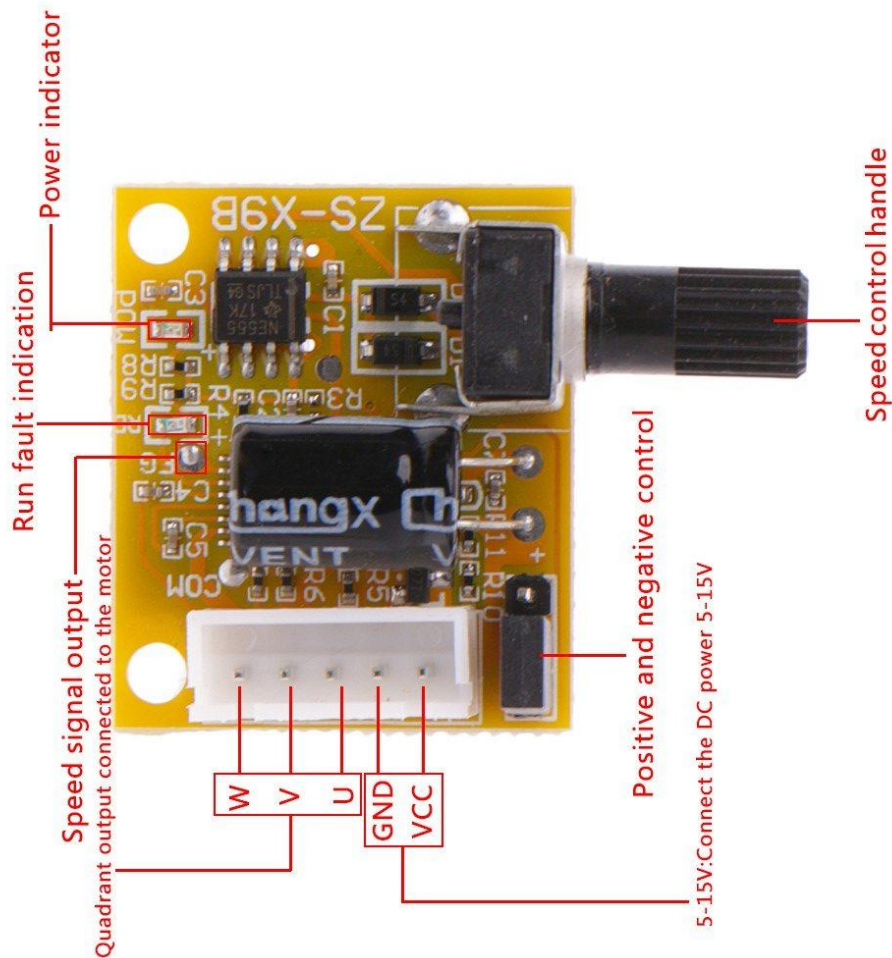
- Kích thước: 45x30mm
- Trọng lượng: 17g



Hình 2- 8 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều không chổi than 37GB3525



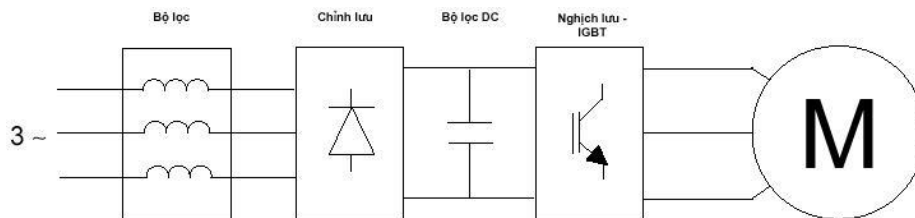
Hình 2- 9 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ KDE4578



Hình 2- 10 – Mô-đun điều khiển tốc độ động cơ ZS-X9B

### 2.2.2 Điều khiển tốc độ động cơ điện ba pha bằng biến tần

Bộ biến đổi tần số dùng trong điều khiển động cơ điện, truyền động điện gồm biến tần nguồn áp và biến tần nguồn dòng. Cấu tạo chung của hai loại biến tần này bao gồm phần chỉnh lưu, phần lọc và phần nghịch lưu [9].

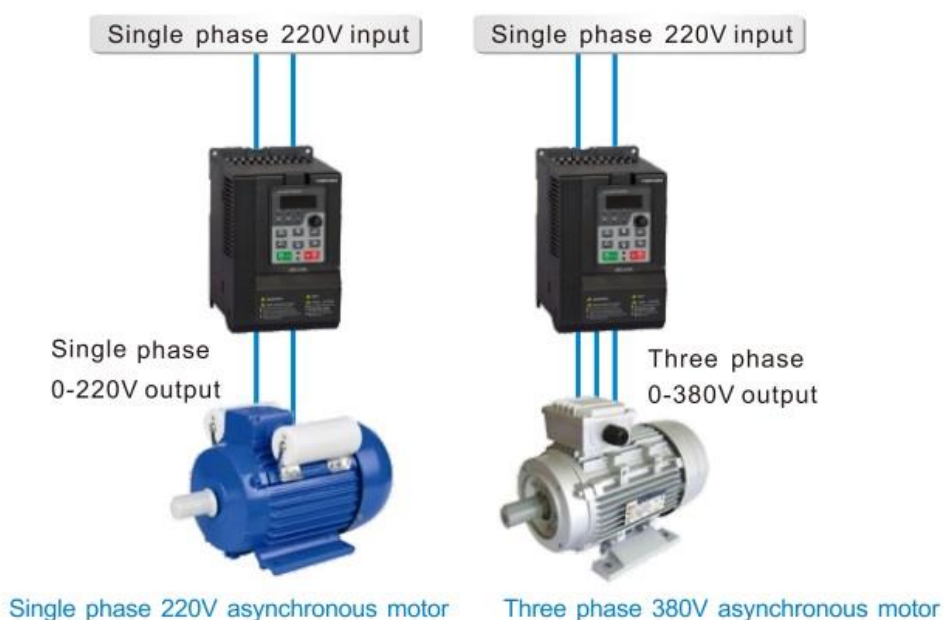


Hình 2- 11 – Nguyên lý cấu tạo của bộ biến tần nguồn vào 3 pha

Biến tần chủ yếu được sử dụng để điều khiển tăng giảm tốc độ vòng quay của động cơ xoay chiều bằng cách tăng giảm tần số dòng điện.

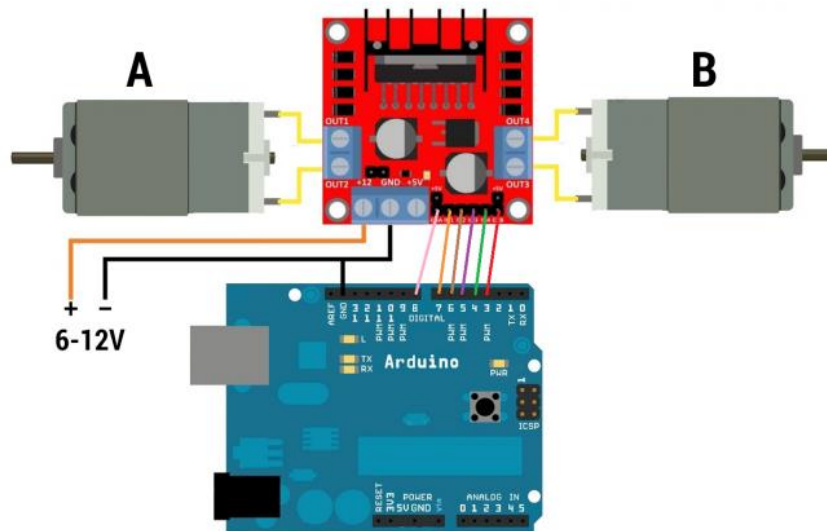
### Chức năng của biến tần:

- Bảo vệ động cơ điện: Biến tần bảo vệ chạm chập cháy động cơ, bảo vệ mất pha cấp cho động cơ, bảo vệ rò điện động cơ...
- Chống sụt áp hệ thống: Sử dụng biến tần sẽ giúp động cơ khởi động tăng tốc từ từ theo thời gian cài đặt, qua đó làm giảm dòng khởi động, thường là gấp 5-7 lần dòng định mức và gây ra hiện tượng sụt áp lưới điện
- Bảo vệ hệ thống đường dây điện: Giảm dòng khởi động qua đó gián tiếp giúp hệ thống dây dẫn điện chịu dòng điện đi qua nhỏ hơn và do đó sử dụng sẽ bền hơn
- Hỗ trợ động cơ dừng nhanh: Khi ngắt điện cấp cho động cơ, động cơ vẫn quay theo quán tính và sau một thời gian mới dừng hẳn, sử dụng biến tần có thể giúp động cơ dừng ngay bằng cách hãm điện trở, hãm động năng, hãm tái sinh. Qua việc đó làm tăng năng suất, hiệu quả hoạt động của máy móc.
- Điều khiển momen, giữ lực căng ổn định: Một số ứng dụng ví dụ trong ngành bao bì cần giữ momen ổn định và một số biến tần cao cấp có khả năng làm điều đó.
- Tiết kiệm điện năng: Trường hợp động cơ có mô men tải thay đổi liên tục như điều hòa trung tâm, bơm cấp nước, bơm quạt mát, máy nén khí ... hoặc động cơ lắp dư công suất, tốc độ quay nhanh phải giảm tốc bằng các cơ cấu cơ khí như hộp số, hộp ly hợp (Động cơ VS) thì nên lắp biến tần, sẽ tiết kiệm được nhiều điện năng.



Hình 2- 12 – Sơ đồ đấu nối biến tần điều khiển tốc độ động cơ 3 pha, nguồn cấp 1 pha (trái) và 3 pha (phải)

### 2.2.3 Điều khiển tốc độ động cơ điện bằng vi điều khiển Arduino



Hình 2- 13 – Sơ đồ nguyên lý điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng Arduino

Arduino là nền tảng mã nguồn mở cho phép xây dựng các ứng dụng điều khiển tự động. Arduino có thể xem như một chiếc máy tính thu nhỏ giúp người dùng lập trình, thực hiện các bài toán điều khiển không cần tới công cụ chuyên biệt phục cho quá trình nạp code [11]

Vi điều khiển Arduino cho phép người dùng kết nối với các cảm biến công nghiệp thông dụng, Arduino sử dụng nguồn điện một chiều 5 V và có khả năng cung cấp dòng điều khiển với mức điện áp từ 0 – 5 V để điều khiển động cơ điện một chiều.

Do tính năng khá đơn giản, dễ sử dụng nên Arduino được sử dụng phổ biến khi xây dựng các mô hình điều khiển, các thí nghiệm phục vụ nghiên cứu, thiết kế hệ điều khiển các mô hình máy công cụ CNC, hệ điều khiển tự động bằng chuyên ...

## Chương 3 Nghiên cứu, xây dựng bộ thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực

### 3.1 Phân tích yêu cầu thiết kế

Xây dựng mô hình bộ thí nghiệm bao gồm hệ điều khiển, động cơ điện một chiều công suất nhỏ nhằm thể hiện chức năng của bộ điều tốc tua-bin thủy lực với các kịch bản:

#### ***Kịch bản khởi động tổ máy***

- Khi khởi động tổ máy, người điều khiển nhấn nút on để khởi động hệ thống. Do hệ thống có quán tính lớn và để tránh gây ra va đập, sốc áp suất (*shoke*) cần phải tăng dần lưu lượng dòng chảy vào tua-bin, tốc độ trục tua-bin tăng dần và đồng thời công suất trên trục tua-bin cũng tăng theo và đạt tới giá trị định mức khi hoà điện máy phát lên lưới.

- Động cơ quay bánh công tác của tua-bin sẽ được khởi động và tăng dần tốc độ quay tương ứng với góc mở của cánh hướng dòng;

- Đồng thời, động cơ điều khiển cánh hướng cũng được khởi động và xoay cánh hướng tăng dần độ mở. Góc mở được biến đổi từ  $0 \div 72^\circ$  trong thời gian 2 phút (*hoặc nhỏ hơn*). Trong khoảng thời gian này tốc độ mở cánh hướng thay đổi (*không tuyến tính*).

#### ***Kịch bản dừng tổ máy***

- Khi dừng tổ máy, người điều khiển nhấn nút on để khởi động hệ thống. Do mức quán tính của hệ thống lớn nên cần phải giảm tốc dần dần trong điều kiện máy phát đã được ngắt ra khỏi lưới điện (*mất tải*). Lúc này, tua-bin chạy không tải. Thực tế là có tải nhỏ do dòng điện mất phát được triệt tiêu bằng cách xả trở xuống đất. Cần phải giảm dần lưu lượng dòng nước qua tua-bin để tua-bin không bị lỏng tốc hoặc xảy ra hiện tượng xâm thực.

- Động cơ quay bánh công tác của tua-bin sẽ dần giảm tốc độ quay tương ứng với góc mở của cánh hướng dòng giảm dần;

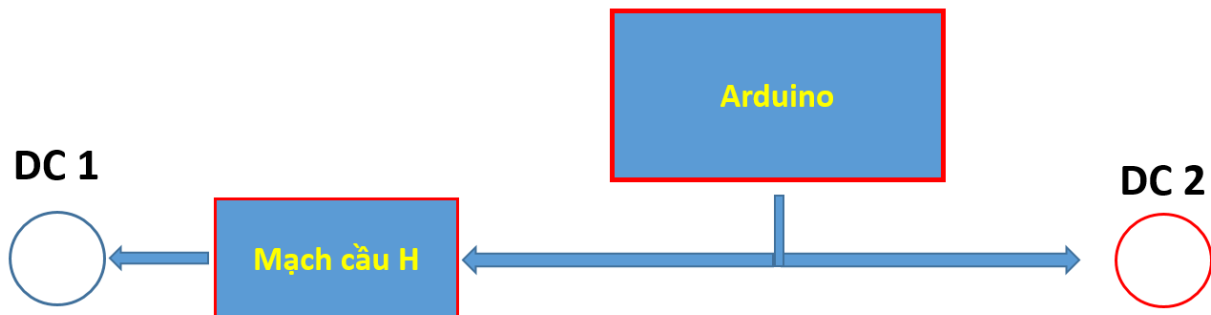
- Đồng thời, động cơ điều khiển cánh hướng cũng được khởi động và xoay cánh hướng dòng theo hướng đóng dần. Góc mở được biến đổi từ  $72 \div 0^\circ$  trong thời gian 2 phút (*hoặc nhỏ hơn*). Trong khoảng thời gian này tốc độ mở cánh hướng thay đổi (*không tuyến tính*).

### 3.2 Lựa chọn sơ đồ nguyên lý

Sơ đồ nguyên lý của mô hình được trình bày trên hình 3-1. Hệ thống bao gồm hai động cơ điện, một loại là động cơ điện một chiều (*loại công suất nhỏ*) được sử dụng để mô tả tua-bin thủy điện. Động cơ còn lại là một động cơ bước được sử dụng để mô tả trạng thái góc mở của cánh hướng nước. Khi cánh hướng nước mở ra, góc mở tăng dần, cùng với việc này là lưu lượng dòng nước chảy qua bánh công tác của tua-bin tăng lên theo. Điều này giúp cho công suất của tua-bin tăng dần, tốc độ quay của trục tua-bin tăng. Như vậy, động cơ bước mô tả góc

mở cánh hướng và động cơ mô tả tốc độ quay bánh công tác của tua-bin phải làm việc phối hợp với nhau đáp ứng kích bản mô tả quá trình khởi động và dừng tổ máy tua-bin.

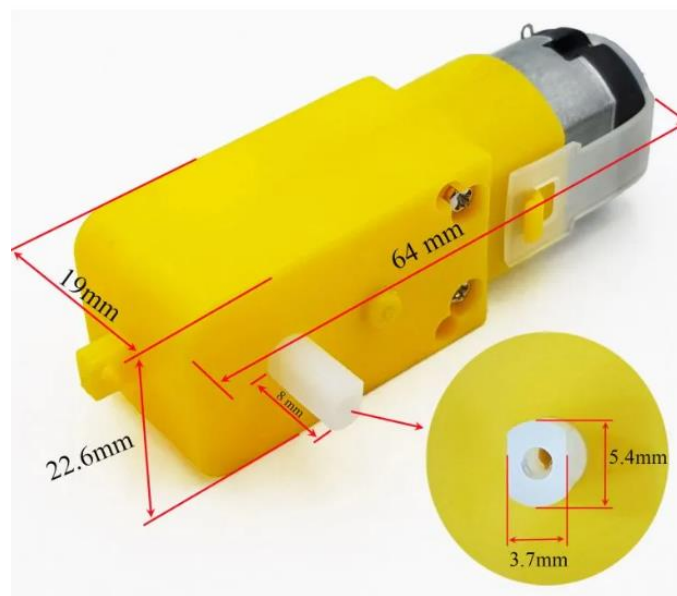
Vi điều khiển Arduino có vai trò cung cấp nguồn nuôi và nguồn tín hiệu điều khiển cho mạch cầu H, mạch cầu H sẽ trực tiếp cung cấp nguồn cho động cơ một chiều với mức điện áp được điều khiển bởi Arduino. Đồng thời, Arduino cung cấp nguồn cho động cơ bước từ các ngõ cung cấp băm xung PWM. Mỗi quan hệ giữa các thành phần trong hệ thống được trình bày trên sơ đồ khối như sau:



Hình 3- 1 – Sơ đồ khối hệ thống điều khiển động cơ mô tả kích bản khởi động và dừng tổ máy tua-bin thủy điện

### 3.3 Tính toán, thiết kế, xây dựng mô hình bộ thí nghiệm mô tả hoạt động của bộ điều tốc tua-bin thủy lực

#### 3.3.1 Lựa chọn động cơ mô tả tốc độ quay của tua-bin



Hình 3- 2 – Động cơ điện một chiều 12V, hộp giảm tốc 1:48

Lựa chọn động cơ điện một chiều, công suất nhỏ, công suất 25 W giúp mô hình có kích thước nhỏ và nhẹ. Động cơ kết hợp hộp giảm tốc có tỷ số truyền lớn để đảm bảo mô-men kéo lớn và tốc độ quay của trục ra chậm giúp người quan sát dễ dàng hơn.

### 3.3.2 Lựa chọn động cơ mô tả góc xoay cánh hướng dòng

Để điều khiển góc xoay mô tả việc chuyển đổi vị trí làm việc của cánh hướng dòng chọn động cơ bước SG90. Động cơ sẽ xoay tới các vị trí tương ứng khi được cung cấp xung điện áp theo kỹ thuật PWM. Loại động cơ này có thể điều khiển dễ dàng bởi vi điều khiển Arduino.



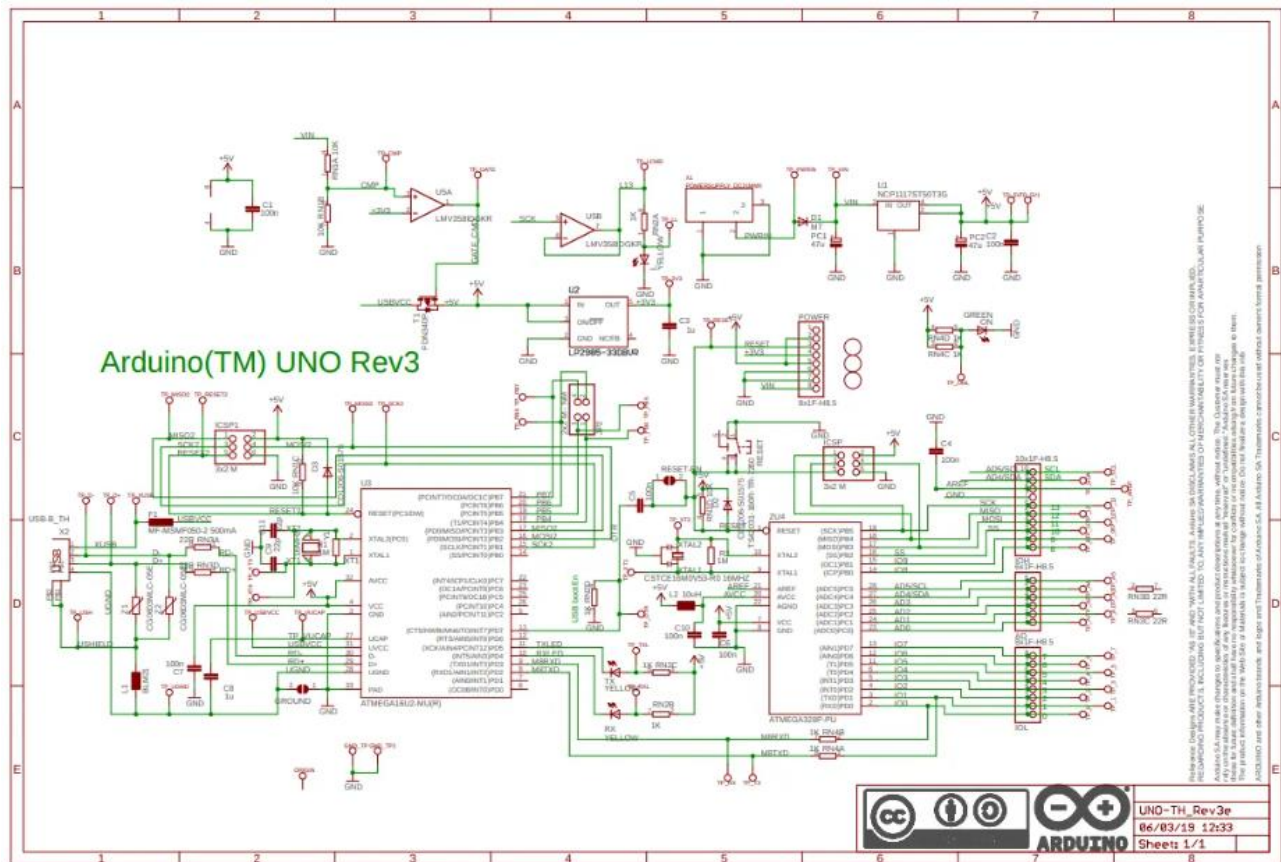
Hình 3- 3 – Động cơ SG90

### 3.3.3 Lựa chọn vi điều khiển Arduino

Nhằm đảm bảo tính năng kết nối với các thiết bị cảm biến khác như encoder và sử dụng ngôn ngữ lập trình C++ sử dụng Arduino Uno R3 có thông số kỹ thuật như sau:

Chip điều khiển	ATmega328P
Điện áp hoạt động	5V
Điện áp đầu vào	7-12V
Điện áp đầu vào (giới hạn)	20V
Số chân Digital	14
Số chân PWM Digital	6
Số chân Analog	6
Dòng điện DC trên mỗi chân I/O	20 mA

Dòng điện DC trên chân 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P). Trong đó 0.5 KB dành cho Boot của vi điều khiển
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
LED_BUILTIN	13
Chiều dài	68.6 mm
Chiều rộng	53.4 mm
Cân nặng	25 g
Sơ đồ nguyên lý mạch vi điều khiển Arduino Uno R3	



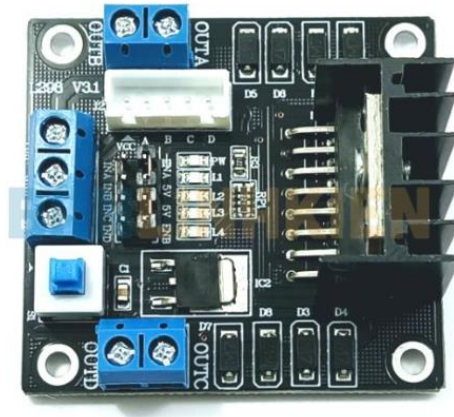
Hình 3- 4 – Sơ đồ nguyên lý vi điều khiển Arduino Uno R3



### 3.3.4 Lựa chọn Driver điều khiển động cơ

Để điều khiển động cơ minh họa tua-bin thủy lực chọn mạch cầu H – L298 được trang bị IC L298, có khả năng điều khiển động cơ điện một chiều có công suất lên tới 25W, mạch cầu H – L298 còn có diod và IC bảo vệ nguồn 7805.

Mạch cầu H – L298 có khả năng cung cấp điện áp ra  $0 \div 12 \text{ V}$  phù hợp với động cơ được sử dụng trong mô hình.



Hình 3- 5 – Mạch cầu H – L298

### 3.3.5 Lập trình điều khiển Arduino Uno R3

Ngôn ngữ lập trình Arduino Uno R3 được thiết lập trên nền tảng ngôn ngữ lập trình C.

```
#include <Servo.h> // Thư viện điều khiển servo

Servo myservo;

unsigned long time;

int servoPin = 9, tg; //chan tin hieu cho sevor

int dongco = 5; // cung cap vao cho l298 dieu khien dong co

int mo = 2; // tin hieu nut an mo may

int dong = 3;//tin hieu nut dong may

int ttdong=0;

int ttmo=0;

int tgl,pwm;

void setup()
```

```

{
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(mo,INPUT);
  pinMode(dong,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(servoPin);
  time = millis();

}

void loop()
{

  if ( (unsigned long) (millis() - time) > 100)//time đếm lên của
  {
    tg++;

    time = millis();
  }
  //Serial.println(trangthaimomay);
  //Serial.println(trangthaidongmay);
  int trangthaimomay=digitalRead(mo);
  int trangthaidongmay=digitalRead(dong);
  Serial.println(pwm);
  if(ttmo==0&&ttdong==0)
  {
    myservo.write(0);
  }
}

```

```
if (trangthaimomay==1)
{
  ttdong=0;
  ttmo=1;
  tg=0;

}
if(ttmo==1)
{Serial.println("tocdo");
  momay() ;
}
////////////////////////////////////
if (trangthaidongmay==1)
{
  ttmo=0;
  ttdong=1;
  tg=0;

}
if(ttdong==1)
{
  dongmay() ;
}

}
void momay()
{
  myservo.write(tg);
  pwm = map(tg, 0,75, 0, 200);
```

```

    analogWrite(dongco,pwm);
    digitalWrite(10, HIGH);
    if(tg>=75)
    {
        tg=75;
    }
}
void dongmay()
{

    tgl =75-tg ;
    myservo.write(tgl);
    pwm = map(tgl, 0,75, 0, 200);
    digitalWrite(10, HIGH);
    if(tgl<=0)
    {
        tgl=0;
    }
    if(pwm<=0)
    {
        pwm=0;
    }
    analogWrite(dongco,pwm);
}

```

## Kết luận

Dựa trên việc nghiên cứu cấu tạo trạm thủy điện, nguyên lý làm việc của tua-bin thủy điện và kịch bản vận hành tổ máy. Kết hợp với việc nghiên cứu, vận dụng lý thuyết điều khiển động cơ điện được học trên lớp, chúng em đã xây dựng được một hệ thống mô tả kịch bản khởi động và dừng tổ máy tua-bin thủy điện. Mô tả mối tương quan giữa vận tốc của trục tua-bin với góc mở cánh hướng.

Các mô hình, hình ảnh minh họa được sử dụng trong thuyết minh là sự vận dụng kiến thức vẽ thiết kế cơ khí mà chúng em đã được học trên lớp.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Duy Thiện, 2010, *Thiết kế và thi công trạm thủy điện nhỏ*, NXB Xây dựng
- [2] Hồ Sỹ Dự, Nguyễn Duy Hạnh, Huỳnh Tấn Lượng, Phan Kỳ Nam, 2009, *Giáo trình Công trình trạm thủy điện*, NXB Xây dựng
- [3] Bộ môn Thiết bị thủy năng, Trường Đại học Thủy lợi 2004, *Giáo trình Tua-bin thủy lực*, NXB Xây dựng
- [4] Nguyễn Phước Hoàng, Đinh Ngọc Ái, Nguyễn Thạc Tân, 1979, *Thủy lực và Máy thủy lực tập 2*, NXB Đại học và Trung cấp chuyên nghiệp
- [5] Bộ môn Thiết bị thủy điện, Trường Đại học Thủy lợi, 2006, *Giáo trình tua-bin thủy lực*, NXB Xây dựng
- [6] Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh, 2008, *Kỹ thuật điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật
- [7] <https://www.thietbidiencongnghiep.com.vn/bai-viet/dong-co-buoc-la-gi-ung-dung>
- [8] <https://electrical24x7.blogspot.com/2017/06/installation-of-ceiling-fan.html>
- [9] Thái Duy Thức, 2001, *Cơ sở lý thuyết Truyền động điện tự động*, NXB Giao thông vận tải
- [10] <https://machdientu.org/mach-dieu-khien-dong-co-khong-choi-than>