

Tự động hóa trong hệ thống sản xuất lương thực bền vững Aquaponic

Automation in Aquaponic sustainable food produced system

Nguyễn Lê Tuấn⁽¹⁾, Nguyễn Hoàng Nam^(1,2), Trịnh Công Đồng^(1,2), Bùi Đăng Thành^(1,2),
Nguyễn Huy Phương⁽²⁾

⁽¹⁾Bộ môn Kỹ Thuật Đo và THCN, Viện Điện – Đại học Bách Khoa Hà Nội

⁽²⁾Viện Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa – Đại học Bách Khoa Hà Nội

e-Mail: nam.nguyenhoang@hust.edu.vn

Tóm tắt

Nhằm đảm bảo an ninh lương thực và ứng phó với biến đổi khí hậu, bài báo đề xuất một giải pháp sản xuất bền vững dựa trên Aquaponic – một kỹ thuật nông nghiệp kết hợp giữa thủy canh và nuôi trồng thủy sản. Với giải pháp này, các tấm pin mặt trời và ắc-quy được sử dụng để cung cấp nguồn điện cho toàn bộ hệ thống. Một bộ điều khiển sạc ắc-quy tích hợp thuật toán MPPT cũng đã được thiết kế để quản lý và nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng. Bên cạnh đó, các thông số của hệ thống như nhiệt độ, độ ẩm, pH nước... sẽ được thu thập theo thời gian thực, gửi đến trung tâm và lưu trữ lại trên internet. Tại đó, trung tâm sẽ đảm nhiệm công việc giám sát và điều khiển hệ thống từ xa.

Từ khóa: Aquaponic, an ninh lương thực, năng lượng mặt trời, MPPT, Internet of Things

Abstract

The main purpose of this paper is to propose a sustainable production solution based on Aquaponic – a farming technique that combines aquaculture with hydroponics in a symbiotic environment. With this solution, photovoltaic panels and lead-acid batteries are used to power the entire system. Therefore, a battery charger controller with integrated MPPT algorithm is designed to manage and enhance the energy conversion efficiency. By the side, Aquaponic parameters like temperature, humidity, pH... are also collected in real-time. These data will be sent to a operation center and stored in the internet to serve the remote monitoring and controlling system.

Keywords: Aquaponic, food security, solar energy, MPPT, Internet of Things

Ký hiệu

| Ký hiệu | Đơn vị | Ý nghĩa |
|----------|--------|-----------------------------|
| V_{pv} | V | điện áp của pin mặt trời |
| I_{pv} | A | dòng điện của pin mặt trời |
| V_b | V | điện áp của ắc-quy |
| I_b | A | dòng điện của ắc-quy |
| V_{gh} | V | điện áp giới hạn của ắc-quy |
| V_{ng} | V | điện áp ngưỡng của ắc-quy |
| V_I | V | điện áp đầu vào bộ biến đổi |
| V_O | V | điện áp đầu ra bộ biến đổi |
| I_L | A | dòng điện trên cuộn cảm |
| D | | hệ số điều chế |

δ giá trị đặt của hệ số điều chế

Chữ viết tắt

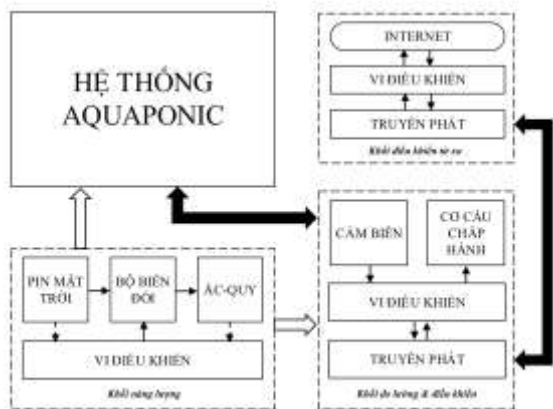
| | |
|------|---|
| ANLT | An ninh lương thực |
| DO | Nồng độ oxy hòa tan (dissolved oxygen) |
| FAO | Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc |
| MPPT | Điểm công suất cực đại (maximum power point tracking) |
| NLMT | Năng lượng mặt trời |
| P&O | Nhiều loạn và quan sát (perturb and observe) |

1. Giới thiệu

Trong giai đoạn hiện nay, an ninh lương thực là một trong những vấn đề được quan tâm hàng đầu trên thế giới, nhất là sau cuộc khủng hoảng lương thực năm 2008. Theo dự báo của FAO, dân số toàn thế giới sẽ đạt mốc 9,1 tỷ người vào năm 2050 và tăng thêm 70% nhu cầu về lương thực. Tại nước ta, nghị quyết số 63-NQ/CP được nhà nước ban hành ngày 23/12/2009 đã đặt ra mục tiêu và nhiệm vụ cụ thể về việc đảm bảo an ninh lương thực đến năm 2020 [1]. Chiến lược đúng đắn này đã giúp Việt Nam không những đảm bảo được ANLT mà còn trở thành nước xuất khẩu gạo lớn thứ 2 thế giới năm 2012. Tuy nhiên với hơn 3000 km đường bờ biển, Việt Nam sẽ là một trong năm nước chịu thiệt hại nặng nề nhất do biến đổi khí hậu toàn cầu. Bên cạnh đó, nhu cầu năng lượng, an toàn thực phẩm và bảo vệ môi trường cũng là những thách thức không nhỏ đối với nền nông nghiệp. Trong bối cảnh này, việc nghiên cứu và áp dụng các giải pháp sản xuất bền vững ngày một trở nên cấp thiết.

Nhằm thực hiện nhiệm vụ ứng dụng công nghệ khoa học công nghệ vào phát triển nông nghiệp mà nghị quyết 63-NQ/CP đã đề ra, bài báo đề xuất một giải pháp sản xuất tích hợp dựa trên kỹ thuật Aquaponic. Mới được ứng dụng trên thế giới trong những năm gần đây, Aquaponic là sự phối hợp giữa nuôi trồng thủy sản (aquaculture) và thủy canh (hydroponic) trong một môi trường cộng sinh. Trong hệ thống này, nước từ bể nuôi cá được bơm đến các máng cạn trồng cây. Tại đây hệ vi sinh vật trong rễ cây sẽ chuyển hóa chất thải của cá thành chất dinh dưỡng mà cây có thể hấp thụ, cây làm sạch nước rồi đưa trở lại bể cá. Aquaponic có nhiều ưu điểm vượt trội như không sử

dụng đất, phương pháp canh tác hữu cơ, tiết kiệm nước. Tuy nhiên khó khăn đặt ra là yêu cầu bắt buộc phải có nguồn điện để vận hành máy bơm và đòi hỏi kiến thức trong việc cân bằng hệ sinh thái Aquaponic. Nhằm khắc phục những vấn đề trên, một hệ thống giám sát điều khiển sẽ được xây dựng và phát triển. Trong hệ thống này, các tấm pin mặt trời và ắc-quy được sử dụng làm nguồn cung cấp điện năng chính. Một mạng lưới cảm biến sẽ đo lường liên tục các thông số của hệ thống như nhiệt độ, độ ẩm, độ pH... Sau đó truyền các dữ liệu thu thập về lưu trữ tại trung tâm và đưa lên internet, phục vụ việc giám sát điều khiển hệ thống từ xa. Với giải pháp đề ra, khó khăn trong việc vận hành sẽ được giảm bớt, đồng thời tăng thêm độ tin cậy và bền vững cho hệ thống.



H.1 Sơ đồ khối hệ thống Aquaponic tích hợp giải pháp giám sát và điều khiển

Sơ đồ khối toàn bộ hệ thống được biểu diễn ở H.1. Phần 2 bài báo sẽ trình bày chi tiết về Aquaponic và đưa ra thiết kế một mô hình Aquaponic quy mô nhỏ. Phần 3 trình bày về hệ thống điều khiển và giám sát. Cuối cùng, kết luận sẽ được trình bày ở phần 4.

2. Hệ thống Aquaponic

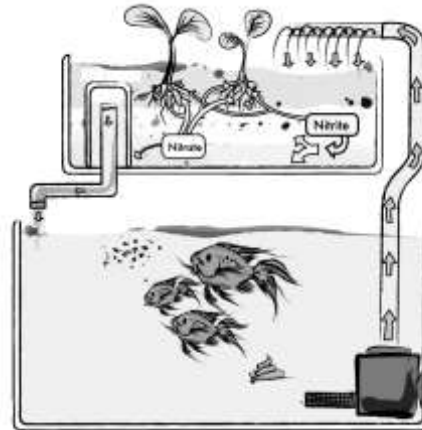
2.1 Tổng quan về Aquaponic

Aquaponic là một kỹ thuật sản xuất kết hợp giữa nuôi trồng thủy sản và thủy canh:

- Nuôi trồng thủy sản tập trung vào việc tối đa hóa sự tăng trưởng của cá trong bể hoặc ao nuôi. Cá nuôi trong bể thường có mật độ cao và cần phải thay 20-50% nước mỗi ngày. Điều này gây tốn kém trong vận hành và gây ô nhiễm môi trường khi mà nước thải trong bể cá chứa một lượng lớn amoniac và chất thải rắn.
- Hệ thống thủy canh đòi hỏi người quản lý phải có trình độ kỹ thuật nhất định và tương đối khó khăn trong việc bổ sung chất dinh dưỡng (phân bón, vi lượng...) cho sự phát triển của cây trồng. Nước trong hệ thống thủy canh cần được thay định kỳ và sau đó phải bổ sung chất dinh dưỡng. Điều này gây tốn kém, khó khăn trong vận hành.

Bằng cách kết hợp hai yếu tố trên trong một hệ thống tuần hoàn và duy nhất, Aquaponic sử dụng chất thải từ cá để cung cấp cho cây và đồng thời sử dụng cây

để làm sạch nước và trả lại cho cá. Nước trong hệ thống Aquaponic vì thế có thể tái sử dụng và chỉ cần bổ sung một lượng nhỏ thất thoát do bay hơi.



H.2 Một mô hình hệ thống Aquaponic đơn giản

Theo phân loại của FAO, ta có thể xác định một hệ thống Aquaponic là:

- Quy mô nhỏ: khi dung tích bể cá khoảng 1000 lít và diện tích trồng cây tương đương 3 m². Mô hình quy mô nhỏ đã đạt được thành công tại rất nhiều quốc gia. Mục tiêu chính của mô hình này là tạo ra một nguồn cung cấp thực phẩm an toàn và bền vững cho mỗi hộ gia đình.
- Quy mô bán thương mại và thương mại: do chi phí đầu tư ban đầu còn cao nên quy mô thương mại vẫn chưa phổ biến. Báo cáo cho thấy một số nhóm chuyên gia ở Mỹ đã xây dựng được các hệ thống Aquaponic hoàn toàn thương mại, phục vụ cho các nhà hàng địa phương, siêu thị [2].

Đánh giá về ưu, nhược điểm của Aquaponic:

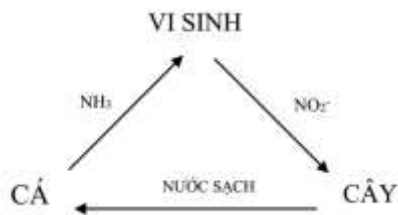
- Ưu điểm:
 - Phương pháp sản xuất hữu cơ, bền vững.
 - Sử dụng tiết kiệm và hiệu quả nguồn nước.
 - Giảm thiểu vấn đề sâu bệnh cho cây trồng.
 - Tiết kiệm sức lao động.
- Nhược điểm:
 - Chi phí đầu tư ban đầu còn cao.
 - Cần có hiểu biết về hệ cá, cây và sinh vật.
 - Không linh hoạt bằng các hệ thống sản xuất trồng cây và nuôi cá độc lập.
 - Yêu cầu phải có nguồn điện để vận hành.

Ở Việt Nam, Aquaponic có nhiều tiềm năng phát triển ở các hộ gia đình vùng đô thị với hứa hẹn giải quyết được các vấn đề đang gây nhức nhối hiện nay là an toàn thực phẩm, ANLT và bảo vệ môi trường.

2.2 Đặc điểm và yêu cầu của hệ thống Aquaponic

Chúng ta phải hiểu rằng ngoài mối quan hệ giữa cá và cây, Aquaponic không thể thiếu sự hợp tác chặt chẽ của hệ vi sinh vật. Vi sinh đảm nhiệm vai trò trung gian trong hệ thống qua chu trình nitơ (nitrogen cycle). Chất thải từ cá dưới dạng amoniac (NH₃) sẽ được nhóm vi sinh vật phân giải amoniac chuyển hóa thành nitrit (NO₂). Sau đó nhóm vi sinh nitrat hóa tiếp

tục chuyển nitrit thành nitrat (NO_3) là chất dễ hòa tan và có thể hấp thụ bởi thực vật.



H. 3 Chu trình nitơ trong hệ thống Aquaponic

Để duy trì hệ vi sinh vật khỏe mạnh cũng như toàn bộ hệ thống, chất lượng nước là yếu tố then chốt. Có năm thông số quan trọng quyết định đến chất lượng nước:

- Khí oxy: nồng độ oxy hòa tan (DO) ảnh hưởng đến cả ba thành phần cá, cây và vi sinh vật, đặc biệt khi hệ thống có mật độ nuôi trồng lớn.
- Độ pH: là thông số mà chỉ cần thay đổi một lượng nhỏ cũng có thể gây ảnh hưởng rõ rệt lên toàn hệ thống. Với thực vật, pH trong khoảng 6-6,5 là tối ưu. Vi sinh vật sẽ khó có thể phát triển với pH thấp hơn 6.
- Nhiệt độ: nhiệt độ càng cao sẽ càng làm giảm nồng độ DO. Bên cạnh đó, lựa chọn các loại cây và cá có cùng dải nhiệt độ sinh trưởng cũng là vấn đề cần quan tâm.
- Amoniac, nitrit và nitrat: chất thải của cá thường ở dạng NH_3 độc hại. Dưới sự hoạt động của vi sinh, NH_3 chuyển hóa thành NO_2 và NO_3 . Tuy nhiên thực vật chỉ hấp thụ được nitơ ở dạng NO_3 .
- Độ cứng của nước: độ cứng của nước ảnh hưởng trực tiếp đến nồng độ pH. Theo khuyến nghị, độ cứng lý tưởng cho Aquaponic là 60-140 mg/lít.

Tóm lại, để cân bằng hệ sinh thái Aquaponic thì điều đầu tiên cần làm là phải kiểm soát được chất lượng nước. Dưới đây là một số thông số tối ưu cho hệ thống Aquaponic theo hướng dẫn của FAO:

- Đối với vi sinh vật:

| | |
|-------------------------------|---------------|
| pH | 6 – 7 |
| Nhiệt độ | 17 – 34°C |
| DO | 4 – 8 mg/l |
| NH_3 & NO_2 | 0,25 – 1 mg/l |

- Đối với thực vật:

| | |
|-------------------------------|----------|
| pH | 6 – 8 |
| Nhiệt độ | 18-26°C |
| DO | > 3 mg/l |
| NH_3 & NO_2 | < 1 mg/l |

- Đối với các loại cá:

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| pH | 6,5 – 8 |
| Nhiệt độ | tùy thuộc loại cá |
| DO | 4 – 8 mg/l |
| NH_3 & NO_2 | < 1 mg/l |
| NO_3 | < 400 mg/l |
| Mật độ nuôi | 10 – 20 kg / 1000 l |
| Tỉ lệ cho ăn | 1 – 2% khối lượng |

Ngoài ra, cũng cần thường xuyên kiểm tra sức khỏe và phát hiện sớm các triệu chứng bất thường của cá và cây. Nhìn chung, có thể thấy công việc duy trì hệ thống Aquaponic luôn cân bằng và ổn định là khó

khăn hơn nhiều so với các hệ thống nuôi trồng độc lập khác. Chỉ cần mất kiểm soát một yếu tố nhỏ cũng có thể dẫn tới sụp đổ cả hệ thống lớn. Giải pháp giám sát và điều khiển ở **Phần 3** sẽ góp phần giải quyết hiệu quả bài toán này.

2.3 Thiết kế mô hình Aquaponic quy mô nhỏ

Như đã phân tích ở **Mục 2.1**, Aquaponic với quy mô nhỏ có nhiều tiềm năng phát triển ở các vùng thành phố của nước ta. Mục tiêu thiết kế là sẽ đưa ra một mô hình có chi phí đầu tư phù hợp, mang lại nguồn cung thực phẩm an toàn cho mỗi hộ gia đình, góp phần vào nhiệm vụ bảo đảm ANLT.

Điều đầu tiên cần xem xét là vị trí đặt hệ thống Aquaponic, sân vườn và tầng thượng là hai địa điểm có thể lựa chọn. Với phương án đặt mô hình trên tầng thượng, sức nặng của hệ thống là cần phải tính toán và cân nhắc. Bên cạnh đó, nếu trồng các loại cây ưa bóng râm thì cần sử dụng thêm các loại lưới che nông nghiệp. Sau khi đã xác định được vị trí đặt mô hình, công việc tiếp theo là lựa chọn loại hình kỹ thuật Aquaponic. Vào thời điểm hiện tại, có ba kỹ thuật Aquaponic thông dụng:

- Kỹ thuật bè nổi (raft system): bắt nguồn từ kỹ thuật bè nổi trong thủy canh, cây được trồng trong các rọ nhỏ và đặt trên một tấm bè xốp thả nổi trong bể cá. Bằng cách này, rễ cây sẽ hút trực tiếp chất dinh dưỡng từ bể cá.
 - Ưu điểm: có nhiều hiệu quả ở quy mô thương mại, hạn chế tối thiểu sự bay hơi nước, chịu được sự cố mất điện, bè xốp cách nhiệt tốt và linh hoạt trong việc chọn vật liệu.
 - Nhược điểm: cần thêm hệ thống lọc phụ và máy bơm khí, bè xốp nhanh bị mài mòn, độ ẩm môi trường cao dễ gây nấm mốc, khó trồng các loại cây thân dài.



H. 4 Kỹ thuật bè nổi (raft system) [2]

- Kỹ thuật màng mỏng dinh dưỡng (nutrient film technique): cũng bắt nguồn từ thủy canh, các rọ trồng cây được đặt trong các ống nhựa đục sẵn lỗ. Dòng nước từ bể cá sẽ được bơm qua toàn bộ hệ thống ống, mang theo chất dinh dưỡng cho cây.
 - Ưu điểm: hiệu quả ở quy mô thương mại, lý tưởng để trồng các loại rau, hệ thống có trọng lượng nhẹ và có cách thu hoạch đơn giản.

- Nhược điểm: đòi hỏi hệ thống lọc phức tạp, bắt buộc phải có máy bơm nước, nhiệt độ nước dễ thay đổi, dễ sập đồ khi mất điện.



H. 5 Kỹ thuật màng mỏng dinh dưỡng (NFT) [2]

- Kỹ thuật máng cạn (media bed): là kỹ thuật phổ biến nhất, sử dụng các máng trồng cây với khối lượng giá thể lớn.
 - Ưu điểm: thiết kế đơn giản và dễ làm, trồng được đa dạng các loại cây, sử dụng được nhiều loại giá thể, cung cấp lượng oxy lớn và không yêu cầu hệ thống lọc phụ.
 - Nhược điểm: trọng lượng hệ thống rất nặng, lượng nước bốc hơi lớn, chi phí cho giá thể cao và khó sử dụng ở quy mô lớn.



H. 6 Kỹ thuật máng cạn (media bed) [2]

Qua phân tích ở trên, với quy mô nhỏ ta thấy kỹ thuật máng cạn khắc phục được hầu hết các nhược điểm của hai phương pháp còn lại và phù hợp nhất với mục tiêu thiết kế. Một hệ Aquaponic kiểu máng cạn sẽ gồm các thành phần sau:

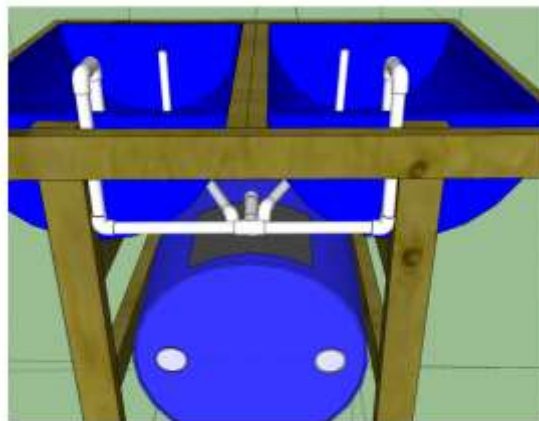
- Bể cá: là thành phần chủ chốt của hệ thống, bể cá nên có đáy tròn để tránh dòng chết, màu sáng giúp bức xạ nhiệt tốt và làm từ vật liệu an toàn. Loại thùng phuy 220 lít đựng nước có sẵn trên thị trường rất phù hợp cả về chi phí và điều kiện để xây dựng bể cá Aquaponic gia đình.
- Máng cạn trồng cây: sâu ít nhất 30cm và có mặt cắt hình chữ nhật là những yêu cầu cơ bản. Sử dụng phuy nước 220 lít cắt đôi theo chiều dọc là ta đã có máng cạn đạt yêu cầu thiết kế.
- Giá thể: có nhiệm vụ vừa làm giá đỡ bộ rễ cây bám vào, vừa là nơi cư ngụ của hệ vi sinh vật. Bên cạnh đó, giá thể còn kiêm luôn chức năng của một bộ lọc cơ học, loại bỏ các chất thải rắn

trong nước. Đất sét nung hay sỏi nhẹ (LECA) là loại giá thể được ưa chuộng nhất vì đặc tính trung tính với pH, xốp nên dễ thoát nước, diện tích bề mặt lớn và có sẵn ở thị trường nước ta.

- Các thành phần khác: khung giá đỡ, máy bơm nước, hệ thống ống dẫn và xả nước... đều có thể dễ dàng tìm mua trên thị trường. Cách thức tính toán và chế tạo có thể tham khảo chi tiết ở tài liệu số [2] và [3].

Thông số thiết kế mô hình được tổng hợp lại như sau:

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| bể cá | 1 phuy nước 220 lít |
| máng cạn | 1 phuy nước 220 lít cắt đôi |
| giá thể | 100 kg đất sét nung |
| khung giá | sử dụng vật liệu gỗ, thép |
| ống truyền | sử dụng ống PVC |
| bơm nước | 15W – 900 lít/giờ |
| thực vật | các loại rau họ xà lách, cải |
| mật độ trồng | 20 – 25 cây ăn lá / 1 m ² |
| cá | các loại cá họ rô |
| mật độ nuôi | 5 kg / 200 lít nước |
| tỉ lệ cho ăn | 1-2% trọng lượng |



H. 7 Minh họa thiết kế mô hình Aquaponic [4]

3. Hệ thống giám sát và điều khiển

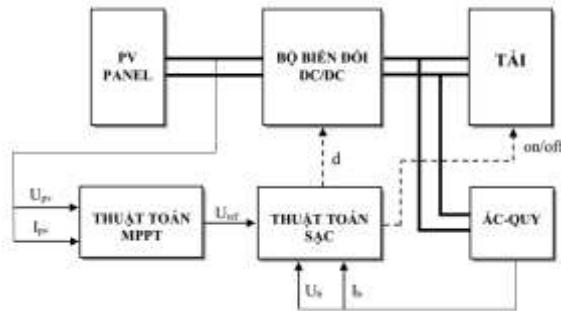
Phần 3 sẽ trình bày về giải pháp tích hợp hệ thống điều khiển giám sát vào mô hình Aquaponic.

3.1 Hệ thống năng lượng mặt trời

Đối với Aquaponic, máy bơm là thành phần có vai trò rất quan trọng. Việc xảy ra các sự cố mất điện có nguy cơ dẫn đến sự sập đồ toàn bộ hệ thống. Bằng việc lựa chọn nguồn điện NLMT, ta không những loại bỏ được sự phụ thuộc vào điện lưới mà còn góp phần đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.

Cùng với các tấm pin quang điện, ắc-quy sẽ được sử dụng để đảm bảo sự liên tục về năng lượng. Do tầm quan trọng của ắc-quy trong hệ thống nên bộ điều khiển sạc ắc-quy là thành phần quan trọng nhất. Ngoài ra vì đặc tính của pin mặt trời, tại mỗi điều kiện xác định sẽ chỉ có một điểm làm việc có công suất đầu ra là cực đại. Vì vậy, một thuật toán bám điểm công suất cực đại (MPPT) đã được phát triển để nâng cao thêm hiệu suất hệ thống. MPPT dựa trên nguyên tắc phối hợp trở kháng giữa tấm pin và tải thông qua

việc điều chỉnh hệ số điều chế của bộ biến đổi DC/DC. Hệ thống NLMT mà bài báo thiết kế sẽ có cấu trúc như H.8.

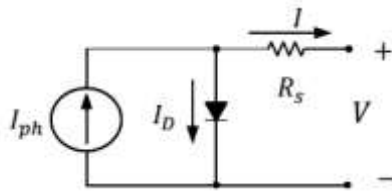


H. 8 Sơ đồ khối hệ thống năng lượng mặt trời

3.1.1 Đặc tính của tấm pin mặt trời

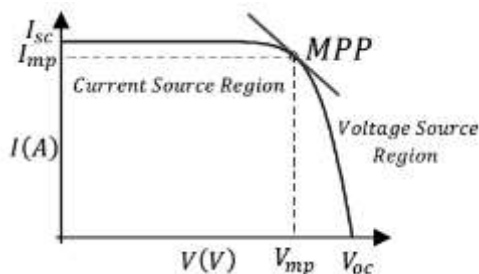
Pin mặt trời làm việc dựa trên hiệu ứng quang điện trong. Một tế bào pin lý tưởng có thể mô hình hóa thành một nguồn dòng mắc song song với một diode [5]. Tuy nhiên trong thực tế tấm pin luôn tồn tại nội trở, điều này thể hiện qua thành phần nối tiếp R_s trong mô hình thể hiện ở H.9. Biểu thức đặc tính của pin mặt trời được biểu diễn ở (1).

$$I = I_{ph} - I_0 \exp\left(\frac{V + I R_s}{V_t}\right) - \frac{V}{R_s} \quad (1)$$



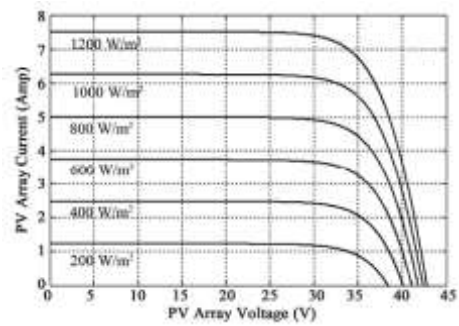
H. 9 Mô hình tương đương của pin mặt trời

Đặc tính dòng điện – điện áp của tấm pin được biểu diễn ở H.10. Trên hình vẽ, ta thấy điểm làm việc có công suất cực đại nằm tại điểm uốn của đường đặc tính. Điểm công suất cực đại (MPP) này chia đặc tính I-V thành 2 miền, miền nguồn dòng và miền nguồn áp.

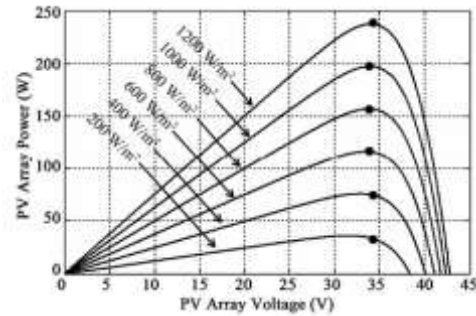


H. 10 Đặc tính I-V của tấm pin mặt trời

Khi cường độ bức xạ ánh sáng và nhiệt độ thay đổi thì đường đặc tính của tấm pin cũng thay đổi, dẫn theo điểm công suất cực đại thay đổi. Dưới bức xạ càng lớn thì dòng điện sinh ra càng lớn, trong khi đó nhiệt độ chỉ ảnh hưởng đến giá trị điện áp hở mạch và ít có tác động đến cường độ dòng điện ngắn mạch. Ta có thể quan sát đồ thị đặc tính của tấm pin khi cường độ bức xạ thay đổi trên H.11 và H.12.

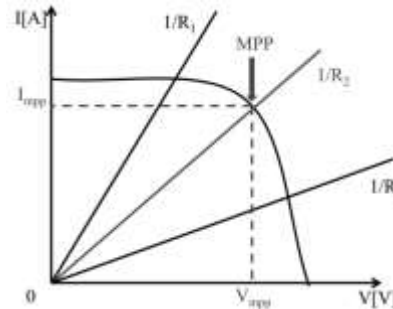


H. 11 Đặc tính I-V của pin đối với sự thay đổi bức xạ



H. 12 Đặc tính P-V của pin đối với sự thay đổi bức xạ

Khi ta nối trực tiếp tấm pin với tải thì điểm làm việc của hệ thống là điểm giao cắt giữa đường đặc tính của pin mặt trời và đặc tính tải.



H. 13 Đặc tính I-V của pin với tải thay đổi

Tóm lại, với mỗi điều kiện bức xạ và nhiệt độ khác nhau thì điểm công suất cực đại của pin mặt trời là khác nhau, đồng thời điểm làm việc của hệ thống với từng loại tải cũng là khác nhau. Để tận dụng tối đa công suất từ NLMT thì cần phải có giải pháp để hệ thống luôn làm việc ở điểm công suất cực đại. Phần tiếp theo sẽ trình bày về các phương pháp này.

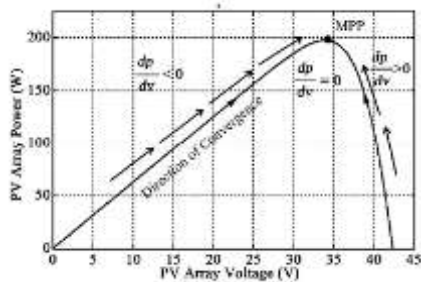
3.1.2 Thuật toán bám điểm công suất cực đại

Hiện nay có ba thuật toán phổ biến để dò tìm điểm công suất cực đại là:

- Tỷ lệ điện áp hở mạch: là phương pháp điều khiển điện áp đầu ra của pin bám theo một giá trị đặt tỷ lệ với điện áp hở mạch. Đây là phương pháp đơn giản, tuy nhiên nhược điểm là phải đo điện áp hở mạch của tấm pin dẫn đến việc mỗi lần muốn xác định giá trị đặt thì phải ngắt tấm pin ra khỏi hệ thống. Độ chính xác không cao cũng là một điểm yếu của phương pháp này.

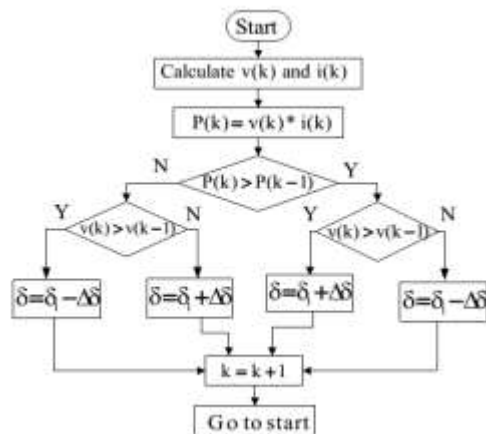
- Nhiễu loạn và quan sát (P&O): đây là phương pháp thử sai dựa theo độ dao động điện áp và công suất đầu ra của pin mặt trời. Ưu điểm của phương pháp này là có tốc độ tính toán nhanh, tuy nhiên công suất đầu ra sẽ bị dao động quanh điểm công suất cực đại.
- Điện dẫn gia tăng: là phương pháp dựa vào điện áp, dòng điện và công suất đầu ra của tấm pin để dò tìm điểm công suất cực đại. Khi tìm được điểm công suất cực đại ứng với mỗi điều kiện môi trường thì sẽ dừng lại để hệ thống hoạt động tại điểm này. Tuy có độ chính xác rất cao nhưng bù lại phải thực hiện khối lượng tính toán lớn.

Từ những phân tích trên, thuật toán P&O sẽ được sử dụng để dò tìm được điểm công suất cực đại.



H.14 Đặc tính P-V của tấm pin mặt trời

Nhìn vào đồ thị H.14, ta thấy điểm công suất cực đại là điểm mà tại đó $dP/dV = 0$. Thuật toán P&O được thực hiện bằng cách thay đổi một lượng nhỏ dV và đo giá trị công suất dP trả về, nếu $dP > 0$ có nghĩa là thuật toán dò tìm đang đi đúng hướng và ngược lại. Thuật toán (H.15) sẽ được lặp lại liên tục cho đến khi tìm được điểm công suất lớn nhất. Hạn chế của phương pháp này là công suất đầu ra sẽ dao động xung quanh điểm công suất cực đại hoặc có thể đi sai hướng khi điều kiện môi trường thay đổi. Tuy nhiên trong thực tế, do bức xạ và nhiệt độ là các yếu tố thay đổi chậm nên thuật toán P&O vẫn đảm bảo được độ tin cậy.



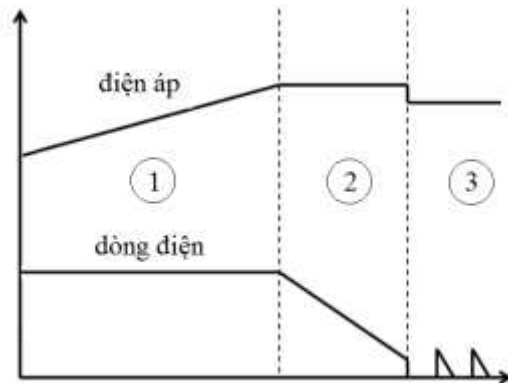
H.15 Lưu đồ thuật toán nhiễu loạn và quan sát P&O

3.1.3 Thuật toán sạc ắc-quy

Là thành phần quan trọng trong hệ thống NLMT nên quy trình sạc ắc-quy cần phải được kiểm soát và quản

lý chặt chẽ. Hiện nay, có các phương pháp sạc ắc-quy thông dụng là:

- Phương pháp sạc ổn dòng: ắc-quy được sạc bằng dòng điện không đổi. Phương pháp này cho phép sạc nhanh nhưng ắc-quy sẽ không đầy.
- Phương pháp sạc ổn áp: là phương pháp sạc giữ cho điện áp hai cực của ắc-quy không đổi trong suốt quá trình sạc. Có ưu điểm là cho phép sạc đầy nhưng thời gian sạc sẽ rất lâu.
- Phương pháp sạc kết hợp ổn dòng và ổn áp (H.16): đây là phương pháp thông dụng nhất cho phép sạc nhanh và đầy bình. Một quy trình sạc tiêu chuẩn sẽ gồm ba giai đoạn sau:
 - Giai đoạn sạc ổn dòng: dòng điện sạc được giữ cố định ở khoảng $C/10$ đến C tùy từng loại ắc-quy (C là dung lượng bình). Điện áp ắc-quy sẽ từ từ tăng lên cho đến khi đạt giá trị ngưỡng thì kết thúc. Giai đoạn này ắc-quy được sạc đầy khoảng 80%.
 - Giai đoạn sạc ổn áp: Lúc này điện áp sẽ được giữ ổn định tại giá trị ngưỡng cho đến khi dòng nạp giảm về khoảng $C/100$ thì kết thúc. Ắc-quy được sạc đầy 100% ở giai đoạn này.
 - Giai đoạn sạc thả nổi: Ở giai đoạn sạc thả nổi, điện áp sạc được giữ ổn định tại giá trị thả nổi để duy trì trạng thái đầy của bình.

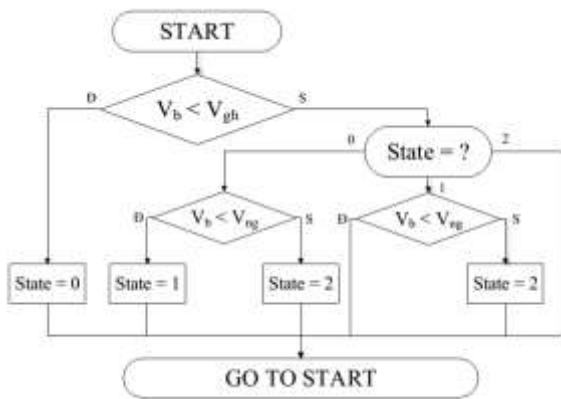


H.16 Phương pháp sạc ắc-quy kết hợp ổn dòng và ổn áp

Để kết hợp quy trình sạc ắc-quy ba giai đoạn với thuật toán MPPT, một sơ đồ chuyển trạng thái đã được thiết kế ở H.17. Trạng thái của ắc-quy sẽ được xác định thông qua giá trị điện áp trên hai cực.

- Trạng thái 0: điện áp ắc-quy thấp hơn giá trị giới hạn V_{gh} . Điều này xảy ra khi ắc-quy bị hỏng hoặc xả cạn hoàn toàn, bộ sạc sẽ không hoạt động ở trạng thái này.
- Trạng thái 1: điện áp ắc-quy nhỏ hơn giá trị ngưỡng V_{ng} xác định giai đoạn sạc ổn dòng. Vì cần nhiều năng lượng nhất nên sẽ thực hiện thuật toán MPPT ở giai đoạn này để tận dụng tối đa công suất chuyển đổi từ tấm pin. Với đặc điểm điện áp ắc-quy thay đổi rất chậm nên khi công suất đầu vào không đổi thì dòng sạc cũng có thể coi là không đổi, phù hợp với yêu cầu.
- Trạng thái 2: điện áp ắc-quy lớn hơn giá trị ngưỡng V_{ng} . Bộ điều khiển ngừng thực hiện thuật

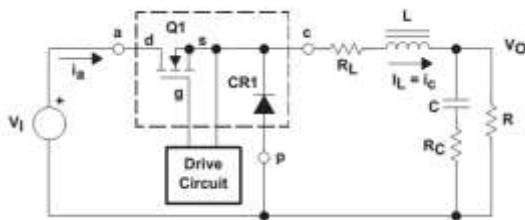
toán MPPT, chuyển sang chế độ sạc ổn áp để đảm bảo ắc-quy được sạc đầy 100%.



H. 17 Sơ đồ chuyển trạng thái cho quy trình sạc MPPT

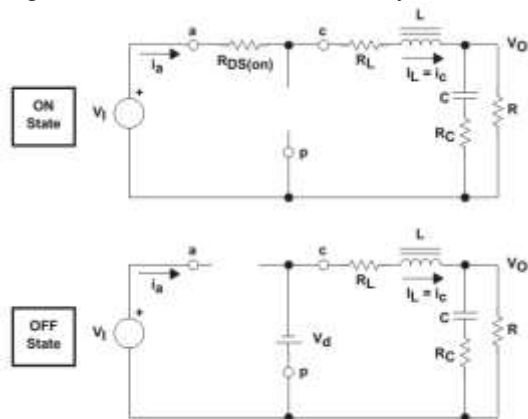
3.1.4 Bộ biến đổi DC/DC

Như đã phân tích ở các phần trước, điểm làm việc của hệ thống phụ thuộc vào đặc tính của pin mặt trời và cả đặc tính tải. Vì vậy để duy trì hệ thống hoạt động tại điểm công suất cực đại thì cần có bộ biến đổi DC/DC thực hiện vai trò hòa hợp trở kháng. Hiện tại có rất nhiều cấu hình bộ biến đổi DC/DC được sử dụng trong các bộ sạc ắc-quy NLMT như buck, boost, SEPIC, CUK... Trong bản thiết kế này, cấu hình bộ biến đổi giảm áp buck sẽ được lựa chọn vì tính đơn giản và dễ thực hiện.



H. 18 Cấu trúc bộ biến đổi buck

Cấu trúc một bộ biến đổi buck được biểu diễn ở H.18, gồm các thành phần cơ bản là điện áp đầu vào V_1 , van Q1, diode CR1, mắt lọc LC và tải R. Hai trạng thái đóng cắt của bộ biến đổi được trình bày ở H.19.

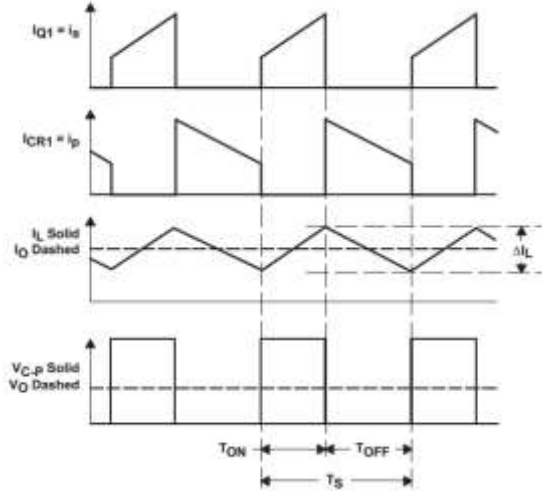


H. 19 Cấu hình bộ biến đổi buck

Ở chế độ dòng liên tục, ta có quan hệ giữa điện áp đầu vào và đầu ra thể hiện tính chất của bộ biến đổi giảm áp như sau:

$$V_o = V_i \cdot D \quad (2)$$

Dạng sóng dòng điện và điện áp được biểu diễn trên hình H.20 [6]:



H. 20 Đồ thị dòng điện và điện áp của bộ biến đổi buck

Công thức xác định DI_L :

$$DI_L = \frac{V_L}{L} \times DT \quad (3)$$

Tính toán giá trị L:

$$L = \frac{V_o(1-D)}{DI_L' f_s} \quad (4)$$

Tính toán giá trị C:

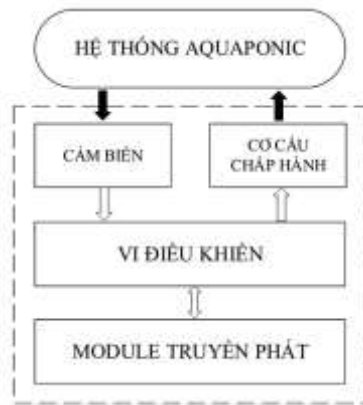
$$C \geq \frac{DI_L}{8' f_s' DV_o} \quad (5)$$

Vi điều khiển ATmega328p của hãng Atmel được lựa chọn để điều khiển bộ biến đổi buck. ATmega328p thuộc dòng vi điều khiển 8-bit khá quen thuộc, dễ dàng lập trình, có khả năng xử lý tính toán tốt, có cấu trúc tiết kiệm điện năng và giá thành không cao. Với ATmega328p, giá trị điện áp ắc-quy V_b và điện áp tấm pin mặt trời V_{pv} sẽ được đo lường thông qua hai mạch phân áp và đưa thẳng vào ADC. Trong khi đó, giá trị dòng điện đầu ra của tấm pin mặt trời được xác định thông qua IC cảm biến dòng ACS712. Dựa trên những giá trị đo được, thuật toán sạc trong vi điều khiển sẽ quyết định chế độ sạc và phát xung điều khiển cho van MOSFET qua kênh điều chế PWM tích hợp sẵn. Vi điều khiển cũng đảm nhiệm thêm chức năng ngắt tải ra khỏi hệ thống để bảo vệ ắc-quy không bị xả cạn khi điện áp trên hai đầu cực ắc-quy nhỏ hơn giá trị cho phép.

3.2 Hệ thống đo lường và điều khiển

Để vận hành một mô hình Aquaponic hoạt động ổn định, người quản lý phải có hiểu biết cũng như phải thường xuyên kiểm tra, đánh giá hệ thống. Để khắc phục những khó khăn trên, bên cạnh hệ thống năng lượng thì một hệ thống giám sát và điều khiển cũng đã

được xây dựng. Sơ đồ khối của hệ thống này được trình bày ở H.21.



H. 21 Sơ đồ khối hệ thống đo lường và điều khiển

Khối cảm biến thu thập các thông số quan trọng của hệ thống Aquaponic tại hiện trường. Các thông số này là nhiệt độ – độ ẩm môi trường, độ pH nước, nhiệt độ nước và mức nước trong bể cá. Thông tin chi tiết về cảm biến được trình bày ở bảng dưới:

| Dại lượng | Cảm biến |
|------------------------------|---|
| Nhiệt độ và độ ẩm môi trường | DHT22 (dải đo độ ẩm 0 – 100% ±2%, nhiệt độ -40 – 80°C ±0,1°C) |
| Độ pH nước | CT-1003 pH Probe (dải đo 0 – 14, nhiệt độ làm việc 0 – 50°C) |
| Nhiệt độ nước | DS18B20 (dải đo -55 – 125°C) |
| Mức nước | Module US-100 Ultrasonic (khoảng cách 2 – 450cm ±1mm) |

Khối cơ cấu chấp hành gồm máy bơm nước, máy bơm khí, hệ thống van điện cấp nước... được điều khiển bật tắt thông qua việc đóng cắt các relay phụ trách. Việc điều khiển này có thể thực hiện trực tiếp tại hiện trường trên bộ điều khiển hoặc từ xa tại trung tâm điều phối. Một thuật toán tự động điều khiển máy bơm và hệ thống van cũng đã được xây dựng để xử lý các sự cố rò rỉ nước, tăng thêm độ tin cậy cho hệ thống. Các sự cố rò rỉ này được phát hiện thông qua việc phân tích các dữ liệu mức nước trong bể cá mà cảm biến trả về.

Tương tự như hệ thống năng lượng, khối vi điều khiển của hệ thống giám sát được xây dựng dựa trên nền tảng phần cứng mã nguồn mở Arduino, sử dụng vi điều khiển ATmega328p của hãng Atmel. Vi điều khiển sẽ thu thập các dữ liệu đo lường từ cảm biến và truyền về trung tâm, đồng thời nhận lệnh điều khiển các cơ cấu chấp hành trong hệ thống.



H. 22 Mô-đun số 07 của ESP8266

Về phần truyền thông, chuẩn Wi-Fi và mô-đun số 07 của ESP8266 được lựa chọn để thực hiện nhiệm vụ truyền phát. ESP8266 là mô-đun công suất thấp, hỗ trợ chuẩn IEEE802.11b/g/n và tích hợp sẵn giao thức TCP/IP [7]. Do ưu điểm giá thành thấp, việc lựa chọn sử dụng mô-đun ESP8266 đảm nhận cả hai nhiệm vụ truyền dữ liệu từ hiện trường về trung tâm và đưa dữ liệu từ trung tâm lên Internet sẽ giúp chúng ta giảm chi phí đầu tư cho hệ thống. Sau khi dữ liệu được đưa lên lưu trữ trên Internet, một giao diện web cũng được thiết kế để phục vụ cho việc theo dõi giám sát từ xa.

4. Kết luận

Aquaponic là một mô hình sản xuất có rất nhiều hứa hẹn phát triển ở Việt Nam bởi tính đột phá và bền vững. Với hệ thống Aquaponic tích hợp giải pháp giám sát và điều khiển mà bài báo đã trình bày, khó khăn trong công việc vận hành sẽ được giảm bớt, tăng thêm độ tin cậy và linh hoạt. Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành xây dựng mô hình thật để kiểm nghiệm tính hiệu quả của giải pháp, đồng thời tìm phương hướng nâng cao hiệu suất cho hệ thống.

Tài liệu tham khảo

- [1] Số 63/NQ-CP: Nghị quyết về đảm bảo an ninh lương thực quốc gia. Tháng 12, 2009
- [2] FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper: *Small-scale Aquaponic food production*. FAO, 2014.
- [3] Sylvia Bernstein: *Aquaponic gardening: A step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. New Society Publisher, 2011.
- [4] <http://Aquaponics-system.com/336-55-gallon-simple-Aquaponics-system/>, 29-8-2015.
- [5] Maria C. Mira, Arnold Knott, Ole C. Thomsen, Michael A. E. Andersen: *Boost Converter With Combined Control Loop For A Stand-alone Photovoltaic Battery Charge System*. IEEE 14th Workshop on 23-26 June 2013.
- [6] Texas Instruments, App Report SLVA057: *Understanding Buck Power States in Switchmode Power Supplies*. March 1999.
- [7] Espressif Systems: *Espressif Smart Connectivity Platform: ESP8266*. 12-10-2013



Nguyễn Huy Phương sinh năm 1975. Anh nhận bằng Tiến sỹ năm 2000 của trường Đại học Năng lượng Mátxcova, Liên bang Nga (Moscow Power Engineering Institute), về nghiên cứu phương pháp điều khiển nâng cao đối tượng nhiệt trong nhà máy nhiệt điện. Năm 2002, anh bắt đầu làm

giảng viên tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) tham gia giảng dạy các môn Kỹ thuật lập trình, Tự động hóa quá trình sản xuất, Điều khiển quá

trình. Hiện anh là Viện trưởng Viện Điện, HUST. Hướng nghiên cứu chính là các phương pháp điều khiển, tích hợp hệ thống điều khiển đối tượng công nghiệp.



Bùi Đăng Thanh sinh năm 1976. Anh nhận bằng thạc sỹ về *Đo lường và các hệ thống điều khiển* của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (HUST) năm 2002. Từ năm 2001 đến 2007 anh là giảng viên của khoa Điện, HUST. Anh nhận bằng Tiến sỹ về *Điện tử- Tự động hóa* của trường Ecole Normale

Supérieure de Cachan, cộng hòa Pháp năm 2011. Hiện anh là giảng viên Viện Điện, Phó viện trưởng Viện kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Đại học Bách khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống đo lường, điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.



Nguyễn Lê Tuấn sinh năm 1993. Hiện đang là sinh viên khóa 56, chuyên ngành Kỹ thuật Đo và Tin học công nghiệp (3I), viện Điện, trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST).



Trịnh Công Đông sinh năm 1980. Anh nhận bằng thạc sỹ về *Điện tử - Viễn thông* của trường Đại học Mở - Hà Nội năm 2011. Từ năm 2007 đến 2014 anh là cán bộ quản lý của phòng Thiết bị Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện anh đang là cán bộ của *Viện Kỹ thuật điều khiển &*

Tự động hóa của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống mạch điều khiển, các hệ thống nhúng và hệ thống mạng công nghiệp.



Nguyễn Hoàng Nam nhận bằng Kỹ sư Điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) năm 2002, bằng Thạc sỹ về *Thiết bị đo và Vi điện tử* tại Trường Đại học Hendri Poincaré, cộng hòa Pháp năm 2004, và nhận bằng Tiến sỹ *Vi điều tử và Điện tử Nano* tại Trường đại Học Bách khoa

Grenoble, cộng hòa Pháp năm 2009. Tiến sỹ Nguyễn Hoàng Nam tham gia giảng dạy tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) từ năm 2010 đến nay. Hiện anh đang là Giảng viên thuộc Bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp (3I), viện Điện. Đồng thời anh cũng là nghiên cứu viên tại viện Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa (ICEA). Hướng nghiên cứu chính là các hệ thống đo thông minh, các hệ thống nhúng và hệ thống năng lượng tái tạo.