

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC
NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, ĐIỀU KHIỂN
HỆ THỐNG MÁY TRỒNG RAU
THỦY CANH TỰ ĐỘNG

SVTH: Nguyễn Công Long

MSSV: 21302141

GVHD: PGS. TS. Võ Tường Quân

TP. HCM, 2018

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên tôi xin cảm ơn sự ủng hộ của gia đình, cụ thể là ba mẹ – những người luôn ở bên tôi trong những thời điểm khó khăn nhất, là hậu phương vững chắc giúp tôi chuyên tâm thực hiện luận văn này.

Người tiếp theo tôi muốn gửi lời tri ân là PGS. TS. Võ Tường Quân – giáo viên hướng dẫn của tôi. Những hướng dẫn và góp ý về chuyên môn của thầy đã giúp em từng bước giải quyết được những khúc mắc và vấn đề đặt ra trong quá trình làm luận văn.

Bên cạnh đó, tôi cũng muốn gửi lời cảm ơn chân thành đến anh Vũ Trần Thành Công, người luôn theo dõi sát tiến độ, hỗ trợ tôi trong việc dựng mô hình thực tế, anh Phạm Văn Anh, người luôn đưa ra những lời khuyên góp ý bổ ích, cùng với các bạn đang hoạt động tại phòng thí nghiệm Đo Lường, khoa Cơ Khí, Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh. Nhờ có giúp đỡ và chia sẻ của mọi người mà quãng thời gian làm luận văn tại phòng thí nghiệm này trở thành một giai đoạn thật đáng nhớ.

Ngày 28 tháng 5 năm 2018

Nguyễn Công Long

TÓM TẮT LUẬN VĂN

Mục tiêu của luận văn này là thiết kế hệ thống máy trồng rau tự động theo phương pháp thủy canh. Cùng với đó, hệ thống được thiết kế để dễ dàng mở rộng để trở thành một hệ thống Aquaponics (Thủy canh kết hợp nuôi cá, thủy sinh). Hệ thống có kích thước phù hợp để đặt trong nhà hoặc ban công tại các căn hộ hoặc nhà ở có ít diện tích. Ngoài ra, hệ thống được thiết kế để có thể điều khiển và giám sát từ xa thông qua Internet, tự vận hành dưới sự điều khiển của trung tâm dữ liệu trực tuyến, làm tiền đề để có thể phát triển hệ thống trở thành một thiết bị Internet of Things (IoT).

Để đạt được mục tiêu đó, đầu tiên các kiến thức về phương pháp trồng rau (đề tài sử dụng phương pháp thủy canh), giống rau và quy trình sinh trưởng của chúng. Cùng với đó, cơ cấu của máy được thiết kế nhằm giải quyết các vấn đề tiết kiệm không gian, chi phí, vận dụng các phương thức về trồng trọt theo chiều dọc (vertical farming) và có sự sáng tạo về mặt thẩm mỹ, tạo tiền đề cho việc thiết kế bộ điều khiển.

Bộ điều khiển được thiết kế nhằm đáp ứng mục tiêu đo đặc kiểm soát các chỉ số dinh dưỡng và pH phù hợp với quá trình sinh trưởng của giống cây được trồng. Ngoài ra, bộ điều khiển sẽ còn phải kiểm soát được quy trình vận hành của các thiết bị trong hệ thống.

Ứng dụng trên nền tảng di động được thiết kế để người dùng tương tác với hệ thống. Ứng dụng có chức năng hiển thị các chỉ số dinh dưỡng, chỉ số pH, nhiệt độ, độ ẩm và cường độ ánh sáng. Ngoài ra, người dùng có thể điều khiển từ xa các thiết bị của hệ thống theo ý muốn thông qua ứng dụng, quan sát hệ thống thông IP camera (nếu được tích hợp).

Sau khi đã hoàn tất thiết kế bộ điều khiển, các kết quả mô phỏng cũng như thực nghiệm được cung cấp để chứng minh cho khả năng tương tác giữa ứng dụng điện thoại, phần cứng và bộ điều khiển đã thiết kế.

MỤC LỤC

LỜI CÁM ƠN	i
TÓM TẮT LUẬN VĂN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC HÌNH ẢNH	vii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	xi
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	1
1.1. Giới thiệu	1
1.1.1. Xu hướng trồng cây, rau củ tại nhà	1
1.1.2. Tìm hiểu và đánh giá các phương pháp trồng cây.....	2
1.1.3. Tình hình nghiên cứu ngoài nước.....	8
1.1.4. Tình hình nghiên cứu trong nước	12
1.2. Mục tiêu, nhiệm vụ và phạm vi đề tài	15
1.2.1. Mục tiêu đề tài	15
1.2.2. Nhiệm vụ và phạm vi đề tài.....	16
CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN	17
2.1. Phương án phương pháp trồng cây.....	17
2.2. Phương án thiết kế cơ khí	17
2.2.1. Phương án 1	17
2.2.2. Phương án 2	19
2.2.3. Phương án 3	20
2.2.4. Kết luận.....	22
2.3. Điều khiển nồng độ dinh dưỡng trong dung dịch.....	22
2.3.1. Các thông số quan trọng trong thủy canh.....	22

2.3.2. Phương án tự động hóa quá trình kiểm soát nồng độ dinh dưỡng	27
2.3.3. Phương án tự động hóa quá trình kiểm soát chỉ số pH.....	28
2.3.4. Đưa ra mô hình điều khiển nồng độ dinh dưỡng dung dịch thủy canh	29
2.4. Phương án điện	30
2.4.1. Lựa chọn trung tâm điều khiển.....	30
2.4.2. Lựa chọn động cơ cho cơ cấu giàn xoay	30
2.4.3. Lựa chọn bơm định lượng dung dịch	31
2.5. Tìm hiểu các điều kiện sinh trưởng của các loại rau	33
2.5.1. Nhiệt độ	33
2.5.2. Ánh sáng	34
2.5.3. Độ ẩm	38
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ.....	39
3.1. Sơ đồ nguyên lý	39
3.2. Lựa chọn động cơ	40
3.2.1. Moment xoắn của hệ	41
3.2.2. Moment xoắn gia tốc của hệ.....	42
3.2.3. Moment cần thiết của động cơ	43
3.3. Tính toán bộ truyền	45
3.3.1. Xác định thông số bộ truyền.....	45
3.3.2. Kiểm nghiệm độ bền dây đai.....	47
3.4. Tính toán trực sơ bộ	48
3.5. Kiểm nghiệm và chọn gói đỡ	49
3.5.1. Gói đỡ trực truyền động.....	49
3.5.2. Ô lăn thanh đỡ rọ thủy canh	50
3.6. Mô phỏng kiểm tra bền.....	51

3.6.1. Kiểm tra trực truyền động trung tâm	51
3.6.2. Kiểm tra gá đỡ chữ A	53
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN.....	54
4.1. Sơ đồ điện	54
4.2. Vị điều khiển	55
4.2.1. Vị điều khiển thực thi lệnh	55
4.2.2. Vị điều khiển kết nối Internet.....	56
4.3. Cảm biến.....	56
4.3.1. Cảm biến nhiệt độ dung dịch.....	56
4.3.2. Cảm biến EC.....	57
4.3.3. Cảm biến pH.....	62
4.3.4. Cảm biến độ ẩm, nhiệt độ môi trường.....	67
4.3.5. Cảm biến cường độ ánh sáng	67
4.4. Động cơ	68
4.5. Bơm nước chìm	68
4.6. Công tắc dạng phao	70
4.7. Van điện từ	70
4.8. Bơm nhu động	71
4.9. Cảm biến lưu lượng	71
4.10. Bơm khí	72
4.11. Relay	73
4.12. Đèn LED RGB	73
4.12.1. Thanh LED quang hợp chuyên dụng.....	73
4.12.2. Vòng LED trang trí.....	74
CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN.....	75

5.1. Truyền nhận dữ liệu.....	75
5.2. Điều khiển chỉ số EC	78
5.3. Điều khiển chỉ số pH	79
5.4. Trung tâm dữ liệu trực tuyến thời gian thực.....	80
5.5. Ứng dụng di động giám sát và điều khiển hệ thống.....	81
5.5.1. Lựa chọn nền tảng di động	81
5.5.2. Lựa chọn công cụ phát triển ứng dụng	81
5.5.3. Ứng dụng di động được phát triển.....	83
CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM	86
6.1. Mô hình thực tế.....	86
6.2. Thực nghiệm.....	88
CHƯƠNG 7. KẾT LUẬN	91
7.1. Những kết quả đạt được	91
7.2. Những điểm cần khắc phục	91
7.3. Những đề xuất phát triển trong tương lai	91
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	93

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Sự đa dạng về chủng loại rau củ của phương pháp thổi canh.	3
Hình 1.2 Nguyên lý các kỹ thuật thủy canh. [4].....	4
Hình 1.3 Giàn thủy canh hồi lưu NFT kiểu chữ A do tác giả chế tạo.....	4
Hình 1.4 Nguyên lý hoạt động của một hệ thống aquaponics. [7]	5
Hình 1.5 Mô hình một hệ thống aquaponics thực tế. [7].....	6
Hình 1.6 Mô hình phương pháp trồng rau khí canh. [4]	7
Hình 1.7 Mô hình trồng rau khí canh trụ đứng thực tế. [10].....	7
Hình 1.8 Nguyên lý hoạt động của hệ thống trồng thủy canh dạng lồng xoay. [12]	9
Hình 1.9 Hệ thống thủy canh lồng xoay Volksgarden dạng đơn và dạng đôi. [13].....	10
Hình 1.10 Hình dáng bể ngoài và các bộ phận của Green Wheel. [14]	10
Hình 1.11 Hệ thống Grove Ecosystem. [15]	11
Hình 1.12 Hệ thống Lybox Ecosystem và Hệ thống EcoQube C, C+. [16] [17]	12
Hình 1.13 Hệ thống Hachi. [18]	12
Hình 1.14 Sản phẩm Forest của Upfarm. [19]	13
Hình 1.15 Hệ thống khí canh trụ đứng xoay 360 độ của BatriVina. [20]	14
Hình 1.16 Nguyên lý vận hành của hệ thống khí canh. [20].....	14
Hình 2.1 Nguyên lý của một hệ thủy canh hồi lưu (NFT system).	18
Hình 2.2 Mô hình thủy canh hồi lưu dạng máng nghiêng. [21'].....	18
Hình 2.3 Mô hình thủy canh hồi lưu dạng tầng. [22'].....	18
Hình 2.4 Nguyên lý thủy canh tĩnh (Ebb and Flow).	19
Hình 2.5 Mô hình một hệ thống thủy canh tĩnh. [23']	19
Hình 2.6 Mô hình guồng nước và đu quay.....	20
Hình 2.7 Mô hình thủy canh xoay tại Trung Quốc. [24']	21

Hình 2.8 Mô hình aquaponics xoay của Nhật Bản tại Hi-Tech Agricultural Fair. [25']	21
Hình 2.9 pH tối ưu cho hầu hết loại cây trồng thủy canh là 5.5 – 6.8. [26]	23
Hình 2.10 Một số loại dung dịch thủy canh pha sẵn trên thị trường.....	27
Hình 2.11 Gỗ lùa và Rêu bùn.	28
Hình 2.12 Dung dịch pH Down lần lượt của Tháp xanh, General Hydroponics và AtlasScientific.	29
Hình 2.13 Mô hình đề xuất điều khiển nồng độ dinh dưỡng dung dịch thủy canh.....	30
Hình 2.14 Điều khiển vòng hở vận tốc xoay.....	31
Hình 2.15 Nguyên lý hoạt động của bơm nhu động.....	31
Hình 2.16 Bơm mini và cảm biến lưu lượng.....	32
Hình 2.17 Nguồn sáng nhân tạo từ đèn dây tóc (HID). [32]	36
Hình 2.18 Nguồn sáng nhân tạo từ đèn com-pắc (CFL). [32].....	36
Hình 2.19. Nguồn sáng nhân tạo từ các loại đèn LED chuyên dụng cho trồng cây. [32]	37
Hình 3.1 Sơ đồ nguyên lý của hệ thống theo hướng nhìn ngang.	39
Hình 3.2 Sơ đồ nguyên lý của cơ cấu xoay theo hướng nhìn dọc.....	39
Hình 3.3 Cân nặng của 1 rọ sơ dùa khi cây còn chưa phát triển.	40
Hình 3.4 Cân nặng của 1 thanh đỡ rọ thủy canh.	40
Hình 3.5 Tải trọng lệch 15% 2 chậu một bên.....	41
Hình 3.6 Tải trọng lệch 15% ba chậu một bên.....	42
Hình 3.7 Biểu đồ liên hệ tốc độ quay và thời gian. [33]	43
Hình 3.8 Kích thước động cơ DC DS400.110/S555S. [35]	44
Hình 3.9 Động cơ DC DS400.110/S555S. [35]	44
Hình 3.10 Tải trọng tác dụng lên ô lăn thanh đỡ.....	50

Hình 3.11 Tải trọng tác dụng phân bố lên trực truyền động.	51
Hình 3.12 Mô phỏng ứng suất tác động lên trực.	52
Hình 3.13 Mô phỏng dịch chuyển khi chịu tải của trực.	52
Hình 3.14 Mô phỏng ứng suất tác động lên gá chữ A.....	53
Hình 4.1 Sơ đồ khối kết nối mạch điện.	54
Hình 4.2 Sơ đồ chân chức năng của vi điều khiển ATmega2560. [37]	55
Hình 4.3 Sơ đồ chân chức năng của module NodeMCU. [38].....	56
Hình 4.4 Cảm biến nhiệt độ DS18B20 loại chống nước. [40]	57
Hình 4.5 Đầu dò EC chuẩn công nghiệp E201WM [41].....	57
Hình 4.6 Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi tín hiệu và đọc giá trị EC. [42]	58
Hình 4.7 Mạch chuyển đổi tín hiệu và đọc giá trị EC. [43]	58
Hình 4.8 Dung dịch EC chuẩn. [42].....	60
Hình 4.9 Dạng đồ thị mô tả quan hệ giữa giá trị analog đọc được và độ dẫn điện EC.	61
Hình 4.10 Đầu dò pH chuẩn công nghiệp H-101. [45]	62
Hình 4.11 Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại tín hiệu đầu dò pH. [46]	63
Hình 4.12 Mạch khuếch đại tín hiệu đầu dò pH sau khi gia công. [46].....	63
Hình 4.13 Các bộ của đầu dò pH.....	64
Hình 4.14 Mối quan hệ giữa chỉ số pH và giá trị điện áp đọc được của đầu dò. [47]...64	
Hình 4.15 Dung dịch pH chuẩn dùng cho việc ca-líp.	65
Hình 4.16 Dạng đồ thị mô tả quan hệ giữa giá trị analog đọc được và chỉ số pH	66
Hình 4.17 Điện áp trả về và giá trị pH tại các nhiệt độ khác nhau. [49]	66
Hình 4.18 Module ra chân của cảm biến DHT11. [50].....	67
Hình 4.19 Module ra chân cảm biến BH1750. [51]	67
Hình 4.20 Module driver động cơ IBT_2. [52].....	68
Hình 4.21 Tính toán lưu lượng từ bồn chứa C2 xuống bồn chứa C1.....	68

Hình 4.22 Bơm nước chìm hồ DC-808. [53].....	69
Hình 4.23 Công tắc cảm biến mực nước dạng phao. [54].....	70
Hình 4.24 Van điện từ VNA12 thường đóng. [55]	70
Hình 4.25 Bơm nhu động Kamoer. [51].....	71
Hình 4.26 Cảm biến lưu lượng YF-S401. [57].....	71
Hình 4.27 Bơm khí HS-198B	72
Hình 4.28 Một số loại hình dạng đá sủi bọt khí có trên thị trường.	73
Hình 4.29 Relay SRD-05VDC-SL-C của hãng Songle. [58]	73
Hình 4.30 Thanh LED quang hợp chuyên dụng.....	74
Hình 4.31 Vòng LED RGB.	74
Hình 5.1 Giao diện quản lý dữ liệu cây JSON của máy trồng rau thủy canh tự động. .	80
Hình 5.2 Giao diện lập trình kiểu drag and drop của MIT App Inventor. [65].....	81
Hình 5.3 Giao lập trình của Android Studio. [66].....	82
Hình 5.4 Giao diện khi mở ứng dụng và trang đăng nhập tài khoản	83
Hình 5.5 Giao diện bảng điều khiển để chọn chức năng.....	84
Hình 5.6 Giao diện chức năng giám sát các thông số của hệ thống.....	84
Hình 5.7 Giao diện chức năng điều khiển các thiết bị và chức năng quan sát camera.	85
Hình 6.1 Mô hình máy trồng rau thủy canh tự động.	86
Hình 6.2 Góc nhìn ngang của mô hình.....	86
Hình 6.3 Bơm nhu động pha trộn các loại dung dịch vào bồn chứa phía dưới.....	87
Hình 6.4 Cụm cảm biến các chỉ số nước và hai cảm biến mức dạng phao.	87
Hình 6.5 Bơm chìm hồ và các cục sủi bọt khí được đặt trong bồn chứa phía dưới.	87
Hình 6.6 Góc nhìn thẳng của máy.....	Error! Bookmark not defined.
Hình 6.7 Thanh LED quang hợp và vòng LED trang trí được bật khi máy hoạt động.	88
Hình 6.8 Các cây non trước khi được đưa lên giàn xoay.	89

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 Các chất dinh dưỡng cần thiết và nồng độ của chúng trong dung dịch dinh dưỡng thủy canh. [27].....	24
Bảng 2.2 Giới hạn chỉ số EC đối với một số loại cây trồng. [28]	26
Bảng 5.1 Bảng ký tự định danh lệnh điều khiển của ESP8266 gửi cho ATmega2560.75	
Bảng 5.2 Bảng ký tự định danh giá trị cảm biến được ATmega2560 gửi cho ESP8266.	
.....	77
Bảng 5.3 Bảng ký tự định danh giá trị chỉ số được ESP8266 gửi cho ATmega2560...78	
Bảng 6.1 Thông số sinh trưởng của giống cây rau đay đỏ.	88
Bảng 6.2 Các thông số ghi nhận được trong quá trình sinh trưởng.	89

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Giới thiệu

1.1.1. Xu hướng trồng cây, rau củ tại nhà

Từ trước đến nay, rau củ quả tươi luôn được công nhận là nguồn cung cấp cho con người lượng dinh dưỡng, chất sơ và vitamin cần thiết cho hoạt động của cơ thể [1] [2]. Tuy nhiên, an toàn vệ sinh thực phẩm đã và đang là vấn đề nỗi cộm ở nước ta, đặc biệt là đối với rau quả. Sau những vụ việc rau không đảm bảo chất lượng và dùng chất kích thích, hóa chất không đảm bảo bị phát hiện, lòng tin người dân bị giảm sút nghiêm trọng.

Sự xuất hiện ngày càng nhiều của các đối tượng sản xuất thiếu lương tâm, có tình sử dụng hóa chất, phụ gia và chất kích thích không có trong danh mục được phép sử dụng vào thực phẩm để đánh lừa cảm giác về độ tươi, thay đổi cấu trúc của thực phẩm hoặc tăng khối lượng và kích cỡ thực phẩm một cách nhanh chóng bất thường nhằm mục đích tối đa lợi nhuận. Nguồn cung của các nguyên liệu thực phẩm không được đảm bảo chất lượng từ khâu trồng trọt do sự quản lý lỏng lẻo bởi các cơ quan chức năng. Thậm chí ngay cả đối với các đơn vị đạt các tiêu chuẩn về an toàn vệ sinh thực phẩm như VietGAP cũng đang làm ăn gian dối, lừa gạt người tiêu dùng [3].

Đối với những người dân sống trong khu vực thành phố, niềm tin vào rau củ được bày bán ngoài chợ và ngay cả các tiệm rau sạch (organic vegetables) của người dân đang dần mất đi. Do đó, một xu hướng mới đang hình thành hiện nay là người dân khu vực thành thị đang tìm cách để có thể tự trồng các loại rau tại nhà. Việc này giúp người dân có thể trực tiếp kiểm soát được chất lượng, độ sạch của rau củ mà họ sẽ sử dụng. Ngoài ra, việc có một khu vườn tại nhà còn mang lại niềm vui, sự thoái mái sau thời gian làm việc mệt mỏi và cải thiện môi trường sống cho chủ hộ.

Tuy nhiên, những khó khăn đối với việc trồng rau tại nhà, đặc biệt đối với những hộ gia đình trong khu vực đô thị, vẫn đang tồn tại. Những đặc thù đối với khu vực thành phố như diện tích đất eo hẹp và nhịp sống bận bề khiến họ không có không gian và thời gian cho việc chăm sóc cho vườn rau của mình. Do đó, giải quyết được việc tối ưu diện tích trồng cho khu vườn cùng với việc tự động hóa quá trình chăm sóc và kiểm soát chất lượng rau củ chính là chìa khóa để đảm bảo phục vụ được nhu cầu của người dân. Vì

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

vậy, đây là một trong những động lực cho việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ cao vào sản xuất nông nghiệp tại Việt Nam nói riêng và trên thế giới nói chung.

1.1.2. Tìm hiểu và đánh giá các phương pháp trồng cây

Về cơ bản, ba phương pháp trồng cây đã được phát triển và phổ biến rộng rãi trên thế giới hiện nay là: thổ canh, thủy canh (Hydroponics), khí canh (Aeroponics). Trong đó, thổ canh là phương pháp trồng cây truyền thống sử dụng đất có từ lâu đời. Thủy canh là phương pháp dùng nước thay cho đất để mang dưỡng chất đến cho cây. Khí canh là phương pháp dùng nước mang chất dinh dưỡng hòa với không khí và được nén lại sau đó phun ra dưới dạng khí sương để nuôi rễ cây. Ngoài ra, một phương pháp khác cũng khá phổ biến hiện nay được sinh ra bởi sự kết hợp giữa thủy canh và nuôi trồng thủy sản (Aquaculture), cụ thể là nuôi cá. Phương pháp này có tên gọi tiếng Anh là aquaponics, đến từ sự kết hợp giữa tên của hai phương pháp cấu thành nên nó. Các công nghệ tiên tiến như tự động hóa, Internet of Things (IoT) đã và đang được áp dụng vào từng phương pháp nuôi trồng nhằm gia tăng năng suất, giảm sự can thiệp của con người.

Mục tiêu ở phần này là tìm hiểu và đánh giá ưu nhược điểm những mô hình trồng cây ứng dụng công nghệ cao trong một diện tích nhỏ ứng với từng phương pháp đang phổ biến.

a. Phương pháp thổ canh

Thổ canh phương pháp canh tác sử dụng đất làm môi trường chứa các chất dinh dưỡng, phân bón và nước giúp cho cây phát triển và sinh trưởng.

- **Ưu điểm của phương pháp thổ canh:**
 - Là phương pháp có từ lâu đời và được nhiều sử dụng, do đó kinh nghiệm trồng rau bằng thổ canh được đúc kết rất nhiều.
 - Dễ áp dụng, dễ thực hiện, dễ canh tác.
 - Có thể thực hiện được cả trên quy mô nhỏ và quy mô lớn.
 - Chất lượng rau ngon, giòn, ngọt, phù hợp với vị giác đã được hình thành từ lâu của đại đa số người dân.
 - Có thể trồng được nhiều loại cây, rau mà không bị hạn chế về chủng loại, đặc biệt do đặc điểm đất là thô rắn nên trồng được các loại cây ăn củ.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN



Hình 1.1 Sự đa dạng về chủng loại rau củ của phương pháp thô canh.

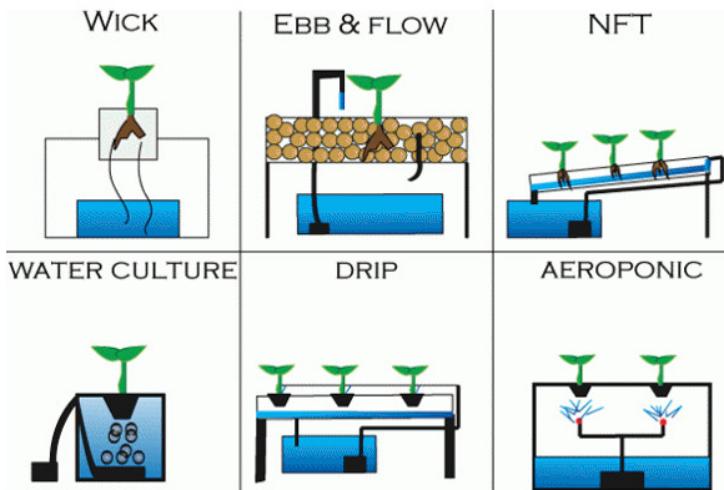
- Nhược điểm của phương pháp thô canh:
 - Thô canh đòi hỏi nhiều công đoạn, sức lực, thời gian, nhân công trong quá trình trồng trọt và canh tác.
 - Trồng bằng phương pháp thô canh thường gặp phải các vấn đề sâu bệnh nhiều hơn các phương pháp khác do tồn tại các mầm bệnh trong đất, do đó việc sử dụng thuốc trừ sâu, thuốc bảo vệ thực vật là không thể tránh khỏi.
 - Chất lượng rau phụ thuộc vào nhiều yếu tố như khoáng chất trong đất, nước, phân bón, sâu bệnh, ...
 - Sau một thời gian canh tác, đất sẽ bị chai, cứng và không còn tươi xốp, do đó đòi hỏi phải có các biện pháp cải tạo đất.
 - Với cùng một sản lượng, thô canh đòi hỏi phải sử dụng nhiều diện tích hơn.

b. Phương pháp thủy canh

Nếu không kể phần nước thì cây chỉ hấp thụ khoảng 5% chất dinh dưỡng từ đất, 95% chất dinh dưỡng còn lại thì “nhà máy cây” tự sản xuất (quang hợp) và tự tiêu thụ. Đất chỉ đóng vai trò như cái kho lưu giữ các chất dinh dưỡng để cây dùng từ từ. Nếu có cách để dự trữ và biến các chất dinh dưỡng thành dung dịch lỏng để cây trực tiếp hấp thụ thì cái đất không còn cần thiết nữa. Khi đó ta hoàn toàn có thể trồng cây không cần đất. Công nghệ này gọi là thủy canh. Thủy canh không dùng đất mà trồng trực tiếp vào môi trường dinh dưỡng hoặc giá thể không phải là đất. Các giá thể có thể là cát, trấu, vỏ xơ dừa, than bùn, vermiculite perlite, sỏi leca, ... Công nghệ thủy canh đã được nghiên cứu từ thế kỷ XVII. Đến nay, công nghệ này đã hoàn thiện, hướng đến những nông sản sạch, xanh, không ô nhiễm.

Các kỹ thuật thủy canh phổ biến hiện nay là thủy canh hồi lưu (Nutrient Film Technique – NFT, Drip, Ebb & Flow và Aeroponic) và thủy canh tĩnh (Wick, Waterculture).

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN



Hình 1.2 Nguyên lý các kỹ thuật thủy canh. [4]



Hình 1.3 Giàn thủy canh hồi lưu NFT kiểu chữ A do tác giả chế tạo.

Người ta thường lắp đặt thêm hệ thống nhà dàn để ngăn các loài côn trùng như bướm và sâu bọ tiếp cận được rau gây ra sâu bệnh. Nhà dàn cũng có tác dụng che mưa để không làm loãng nồng độ dunh dịch thủy canh. Còn đối với các nhà chung cư cao tầng thì chỉ cần lắp mái che mưa, do đa số các loài côn trùng không bay được quá cao.

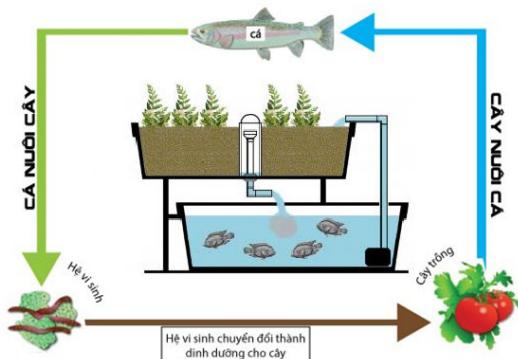
- **Ưu điểm của phương pháp trồng rau thủy canh:**
 - Dễ dàng cung cấp chất dinh dưỡng ứng với từng giai đoạn phát triển của rau.
 - Có thể dễ dàng lắp đặt hệ thống thủy canh trong một không gian nhỏ. Do đó, giúp tiết kiệm diện tích, tận dụng được các khoảng không gian thừa trong nhà như ban công, sân thượng, hành lang.
 - Tiết kiệm thời gian chăm sóc, các công đoạn thủ công trong quá trình chăm sóc và nuôi cây lớn được giảm bớt so với phương pháp thô canh truyền thống.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

- Cây trồng bằng phương pháp thủy canh cho năng suất cao gấp 3-5 lần so với trồng rau thô canh thông thường, giúp người dùng giải quyết vấn đề về lượng rau cung ứng cho gia đình chỉ trong một thời gian ngắn.
- Do dùng nước làm môi trường mang dinh dưỡng nên không gặp phải các mầm bệnh trong đất, các vấn đề về sâu bệnh nghiêm trọng thường không mắc phải khi sử dụng thủy canh.
- Do không phải sử dụng các thuốc trừ sâu, thuốc bảo vệ thực vật, đảm bảo độ sạch và an toàn của cây trồng.
- Nhược điểm của phương pháp trồng rau thủy canh:
 - Để đầu tư lắp đặt một hệ thống thủy canh chất lượng, hiện đại, người trồng thường phải bỏ ra một mức chi phí khá lớn.
 - Đòi hỏi người trồng phải có nghiên cứu và am hiểu nhất định về mức dinh dưỡng cho từng loại rau khác nhau.
 - Nguồn chất dinh dưỡng cung cấp cho rau là các sản phẩm hóa học, do đó nếu chọn phải các sản phẩm không đảm bảo sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng của rau.
 - Rau trồng bằng thủy canh khá nhạt, dai và ít mùi vị hơn thô canh do rau còn hấp thu những khoáng chất trong đất [5].

c. Phương pháp aquaponics

Aquaponics sử dụng nước tuần hoàn từ bể cá để cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng. Vi khuẩn nitrite/nitrate hóa sẽ chuyển chất thải từ bể nuôi cá sang dạng dinh dưỡng phù hợp cho cây trồng. Nước cũng được lọc sạch bởi cây trồng và cung cấp cho bể cá. Đây là hệ thống tuần hoàn tận dụng lợi ích của nhau một cách đầy tinh tế [6].



Hình 1.4 Nguyên lý hoạt động của một hệ thống aquaponics. [7]

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN



Hình 1.5 Mô hình một hệ thống aquaponics thực tế. [7]

Sự kết hợp này mang lại lợi ích thiết thực và tính độc đáo của aquaponics. Thay vì bổ sung phân bón và các hóa chất để trồng cây, aquaponics sử dụng chất thải từ cá nhờ sự chuyển hóa từ các loài vi sinh vật thành chất dinh dưỡng cần thiết và đầy đủ cho sự phát triển của cây. Ngược lại, thay vì xả nước ra môi trường, aquaponics sử dụng cây trồng để làm sạch nước và trả lại cho bể cá. Nước này có thể được tái sử dụng vô thời hạn và chỉ cần thêm vào khi nó bị mất do bay hơi, là hệ thống tuần hoàn khép kín [8].

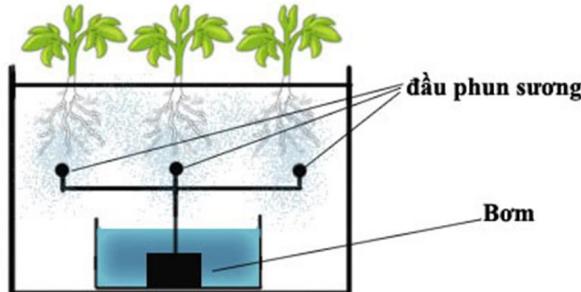
- **Ưu điểm của phương pháp trồng rau aquaponics:**
 - Phương pháp aquaponics không những kế thừa mọi ưu điểm của phương pháp thủy canh mà còn khắc phục được một số nhược điểm của phương pháp này. Do sử dụng chất thải của cá kết hợp với hệ vi sinh tạo thành chất dinh dưỡng nuôi cây, nên cây rau không cần phụ thuộc vào nguồn dinh dưỡng hóa chất (có khả năng không đảm bảo độ an toàn) như phương pháp thủy canh.
 - Sự kết hợp giữa hai hệ thống hỗ trợ cho nhau giúp cắt giảm được nhiều chi phí cho việc mua hóa chất dinh dưỡng cho rau hay hệ thống lọc nước cho cá.
- **Nhược điểm của phương pháp trồng rau aquaponics:**
 - Chi phí để lắp đặt một hệ thống aquaponics hoàn chỉnh và đảm bảo chất lượng là khá lớn.
 - Đòi hỏi người sử dụng phải có kiến thức nhất định về chế độ dinh dưỡng của các loài cá và rau.
 - Cũng giống rau trồng bằng thủy canh, rau khá nhạt, dai và ít mùi vị hơn so với canh [4].
 - Hệ thống cần được hoạt động liên tục để đảm bảo cá không chết.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

d. Phương pháp khí canh

Khí canh (Aeroponics technology) là một phương thức canh tác mới trong nông nghiệp, là một cải tiến của phương pháp thủy canh. Trong đó, phương pháp này dùng môi trường không khí có chứa các hơi sương dinh dưỡng để cung cấp cho quá trình sinh trưởng và phát triển của cây. So với các phương pháp canh tác thủy canh, khí canh giúp tiết kiệm 50% phân bón, giảm tiêu thụ nước 20%, không cần thuốc bảo vệ thực vật, chiếm ít không gian canh tác, có thể tăng mùa vụ quanh năm cho năng suất cây trồng tăng lên 45% - 75% [8][9].

AEROPONICS



Hình 1.6 Mô hình phương pháp trồng rau khí canh. [4]



Hình 1.7 Mô hình trồng rau khí canh trụ đứng thực tế. [10]

- Ưu điểm của phương pháp trồng rau khí canh:
 - Năng suất cao hơn so với thủy canh. Khí canh cung cấp ôxy tốt hơn, do đó giúp cho chất lượng rau tốt hơn.
 - Rễ cây trong môi trường giàu ôxy làm cho cây có sức đề kháng tốt hơn, hạn chế vi khuẩn kị khí, các loại nấm bệnh nguy hiểm.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

- Tiết kiệm không gian. Trụ khí canh thẳng đứng phù hợp với nhà ở đô thị, có thể trồng ở ban công, trên sân thượng, kể cả ở trong nhà nếu được cấp ánh sáng đầy đủ.
- Linh hoạt hơn. Trụ khí canh chứa ít nước nên tương đối nhẹ, dễ dàng kiểm tra và vệ sinh. Một số mô hình có thiết kế module nên dễ dàng nâng cấp.
- Nhược điểm của phương pháp trồng rau khí canh: [11]
 - Chi phí ban đầu rất cao. Về lý thuyết, khí canh ban đầu làm cho người dùng cảm thấy đơn giản, nhưng khi kết hợp nước – không khí – dinh dưỡng cần phải có thiết bị chuyên sâu.
 - Cần cài đặt thời gian phun một cách chính xác, bơm có áp lực tốt, đầu phun và lọc cặn. Tất cả phải hoạt động ổn định vì các sự cố như mất điện, tắc vòi... trong thời gian ngắn cũng có thể làm cây bị chết.
 - Dinh dưỡng cần phải cung cấp liên tục và ổn định.
 - Công nghệ khí canh chưa thật sự hoàn thiện, các trụ khí canh ở Việt Nam không hẳn là khí canh mà đơn thuần phun khí mang dinh dưỡng từ dưới lên, sau đó chảy ngược theo thành ống từ trên xuống, đi qua rễ.

1.1.3. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Các công nghệ tiên tiến như tự động hóa, Internet of Things (IoT) đã và đang được áp dụng vào từng phương pháp nuôi trồng nhằm gia tăng năng suất, giảm sự can thiệp của con người.

Mục tiêu ở phần này là tìm hiểu và đánh giá ưu nhược điểm những mô hình trồng cây ứng dụng công nghệ cao trong một diện tích nhỏ ứng với phương pháp thủy canh và aquaponics đang phổ biến.

a. Trồng cây thủy canh dạng lồng xoay

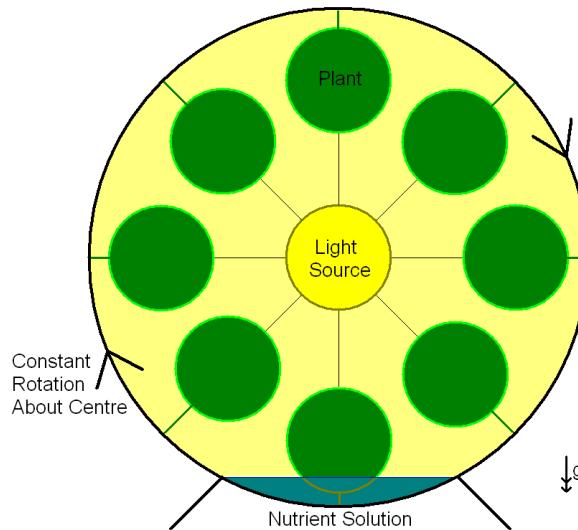
Hệ thống trồng cây thủy canh dạng lồng xoay là một dạng của kỹ thuật thủy canh tĩnh. Nguyên lý của kỹ thuật này là thay phiên nhúng rễ cây vào dung dịch để hấp thụ dinh dưỡng bằng một cơ cấu xoay tròn.

Nguồn nước chứa dinh dưỡng được chứa trong một bể với nồng độ chất dinh dưỡng được pha trộn sẵn sao cho phù hợp với sự sinh trưởng của cây. Các cá thể cây trồng

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

được gắn trên tùng ô của các thanh ngang với phần rẽ lô ra. Khi tùng thanh ngang quay tới vị trí dưới cùng thì phần rẽ của các cá thể cây nằm trên thanh đó sẽ tiếp xúc với nguồn nước dinh dưỡng và hấp thụ. Ngoài ra, nguồn nước dinh dưỡng cũng sẽ được tích trữ trong giá thể trồng cây để khi rễ cây không còn tiếp xúc với bể nước thì rễ cây vẫn có thể hấp thụ dinh dưỡng từ giá thể.

Ở hệ thống này, nguồn chiếu sáng nhân tạo ở cơ cấu dạng này sẽ nằm tại vị trí trung tâm. Các cây mọc hướng vào vị trí ánh sáng trung tâm này để lấy sáng sinh trưởng. Nguồn ánh sáng này có thể đến từ LED chuyên dụng, đèn halogen, đèn huỳnh quang, đèn natri cao áp, ...



Hình 1.8 Nguyên lý hoạt động của hệ thống trồng thủy canh dạng lồng xoay. [12]

Có rất nhiều công ty và trung tâm đã và đang nghiên cứu, phát triển mô hình này bởi những lợi ích mà nó mang lại so với hệ thống thủy canh thông thường.

- Ưu điểm của hệ thống trồng cây thủy canh dạng lồng xoay:
 - Tiết kiệm diện tích.
 - Không cần ánh sáng mặt trời, tận dụng tối đa nguồn sáng nhân tạo.
- Nhược điểm của hệ thống trồng cây thủy canh dạng lồng xoay:
 - Tiêu thụ nhiều điện năng.
 - Cấu trúc tương đối phức tạp, khó gia công dẫn đến giá thành sẽ cao.

Ngoài ra, hệ thống này có một ưu điểm nổi bật nhưng cũng chính là nhược điểm. Cấu trúc lồng của hệ thống giúp cây có hướng mọc từ trên xuống dưới, cùng với tác

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

động của từ trường, làm kích thích khả năng sinh trưởng của cây. Tuy nhiên, đặc điểm này chỉ áp dụng hiệu quả đối với các cây có khối lượng nhỏ (rau, thảo dược, ...). Còn những cây có khối lượng tương đối lớn (cây dâu, cà chua, ...) thì sẽ không tròng được trong hệ thống này bởi trong quá trình xoay sẽ làm cho cây bị nghiêng và có khả năng cây bị gãy [12].

Volksgarden của hãng Omega Garden Hydroponics Design là một sản phẩm nổi bật sử dụng mô hình này đã được thương mại hóa trên thị trường [13].



Hình 1.9 Hệ thống thủy canh lồng xoay Volksgarden dạng đơn và dạng đôi. [13]

Ngoài ra, hệ thống thủy canh lồng xoay này còn được thiết kế rất nổi bật và mang tính thẩm mỹ cao bởi hãng DesignLibero với sản phẩm có tên gọi là Green Wheel [14].



Hình 1.10 Hình dáng bề ngoài và các bộ phận của Green Wheel. [14]

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

Dự án Green Wheel hiện tại vẫn chỉ đang dừng lại ở mô hình thiết kế 3D, chưa cho ra mắt sản phẩm mẫu.

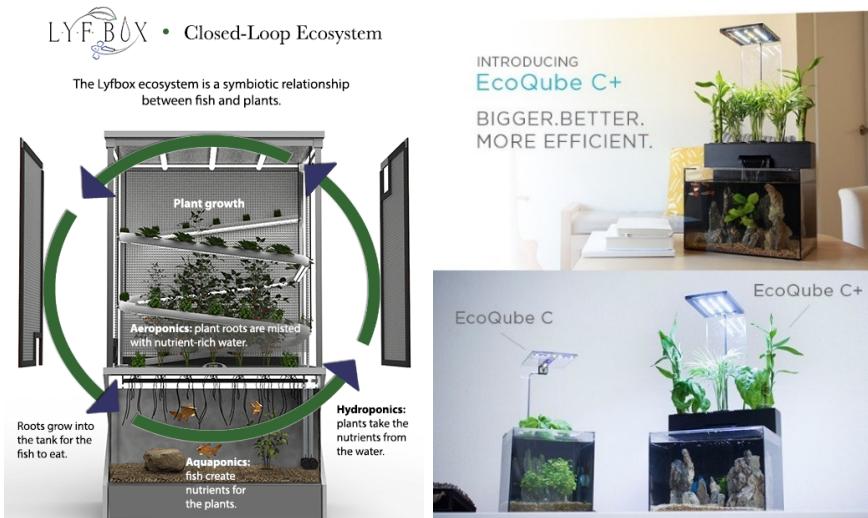
b. Hệ thống Aquaponics trong nhà.

Các hệ thống aquaponics thông thường có kích thước khá cồng kềnh và các bộ phận rời rạc, tách biệt nhau. Do đó, cần một khoảng diện tích lớn hơn $4 m^2$ để lắp đặt. Đối với các căn hộ chung cư hoặc nhà có diện tích nhỏ thì việc lắp đặt một hệ thống là rất khó khăn. Ngoài ra, tính thẩm mỹ của hệ thống aquaponics thông thường cũng không được đảm bảo. Từ đó, một xu hướng thiết kế các hệ thống aquaponics nhỏ gọn, có tính thẩm mỹ cao và thích hợp đặt trong các khu vực trong nhà như phòng khách, bếp đã hình thành và khá được ưa chuộng. Từ năm 2014, hàng loạt các hệ thống aquaponics trong nhà được các nhóm nghiên cứu phát triển và đến nay đã dần thương mại hóa sản phẩm của mình. Có thể kể đến một số sản phẩm nổi bật như: Grove Ecosystem của nhóm kỹ sư tại Viện công nghệ Massachusetts (MIT), Lybox Ecosystem của công ty Lybox, EcoQube C và C+ của Aqua Design Innovations, ...



Hình 1.11 Hệ thống Grove Ecosystem. [15]

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN



Hình 1.12 Hệ thống Lybox Ecosystem và Hệ thống EcoQube C, C+. [16] [17]

1.1.4. Tình hình nghiên cứu trong nước

Việt Nam đã và đang tỏ ra rất quan tâm trong lĩnh vực ứng dụng công nghệ vào nông nghiệp. Trong đó, các nghiên cứu về các thiết bị nhỏ gọn kết hợp các phương thức tự động, IoT dùng để trồng cây trong nhà đang trở thành một xu hướng ở nước. Các phòng nghiên cứu cũng như các công ty đã cho ra mắt dần thương mại hóa các sản phẩm của mình.

a. Nghiên cứu thiết bị trồng cây trong nhà theo phương pháp thủy canh

Thị trường Việt Nam đã bắt đầu quan tâm tới các sản phẩm trồng cây trong nhà thông minh theo phương pháp thủy canh ứng dụng công nghệ IoT. Có hai sản phẩm điển hình đã được thương mại hóa là dàn thủy canh trong nhà của công ty Hachi và sản phẩm Forest của công ty Upfarm.



Hình 1.13 Hệ thống Hachi. [18]

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

- Thông số kỹ thuật của dàn thủy canh của Hachi:
 - Kích thước: $2000\text{ mm} \times 400\text{ mm}$.
 - Sản lượng: 9 kg/vụ .
 - Gồm 6 thanh trồng rau, mỗi thanh dài 2 m, chia thành 3 tầng.
 - Các loại rau trồng được: Rau muống, rau đay, rau rền, cải chíp, cải ngọt, cải canh, cải hoa hồng, cải cầu vòng, xà lách xoăn, xà lách tím, các loại rau thơm, ớt, cà chua, dưa leo, ...
 - Độ bền lên đến 6~7 năm.



Hình 1.14 Sản phẩm Forest của Upfarm. [19]

- Thông số kỹ thuật của dàn thủy canh Forest:
 - Kích thước: $710\text{ mm} \times 1220\text{ mm} \times 180\text{ mm}$.
 - Gồm 3 tầng mỗi tầng 6 ô.
 - Các loại cây trồng được: Bạc hà chanh, Chocomint, Xá xị, Basil, Xạ hương, Hoa Thanh Tú.
 - Độ bền trên 5 năm.
- Ưu điểm của cả hai sản phẩm
 - Thiết kế đẹp mắt

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

- Không cần nhiều thời gian chăm sóc.
- Cơ cấu đơn giản.
- Nhược điểm của cả hai sản phẩm
 - Do có kích thước nhỏ nên năng suất sẽ thấp.
 - Thời gian để thu hoạch mỗi vụ vào khoảng 20-30 ngày.

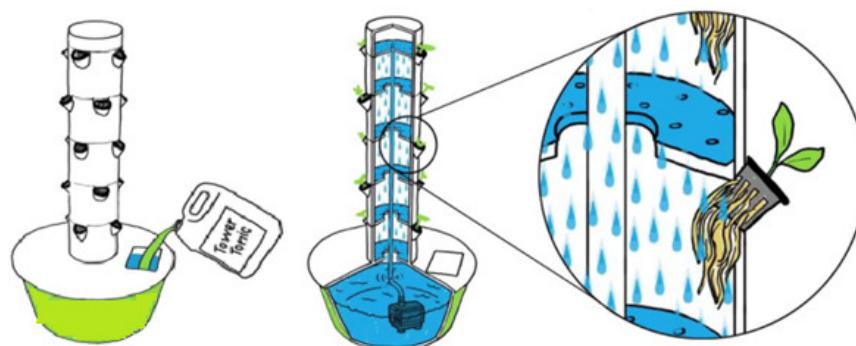
b. Nghiên cứu thiết bị trồng cây trong nhà theo phương pháp khí canh

Ở Việt Nam, các mô hình trồng cây khí canh trụ đứng đang ngày càng trở nên phổ biến. Trong đó, BatriVina là công ty đang có các sản phẩm thương mại nổi bật.



Hình 1.15 Hệ thống khí canh trụ đứng xoay 360 độ của BatriVina. [20]

Nguyên lý hoạt động chung của các giàn khí canh trụ đứng được mô tả như trong Hình 1.37



Hình 1.16 Nguyên lý vận hành của hệ thống khí canh. [20]

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

- Thông số kỹ thuật
 - Kích thước: 578 mm x 578 mm x 1807 mm.
 - Bồn nước 50 L.
 - Rọ chứa cây: 32 ô.
 - Các loại cây trồng được: Các loại rau ăn lá, thảo mộc.
 - Độ bền: 5 năm.
- Ưu điểm
 - Thiết kế đẹp mắt.
 - Không cần nhiều thời gian chăm sóc.
 - Cơ chế xoay 360 độ giúp các cây thay phiên nhận ánh sáng tốt hơn.
- Nhược điểm
 - Do có kích thước nhỏ nên năng suất tương đối thấp.
 - Mô hình khí canh trụ đứng thực chất là biến thể của phương pháp thủy canh nhỏ giọt chứ chưa thực sự được gọi là khí canh.
 - Cần phải xử lý dung dịch còn dư thừa trong trụ sau khi thu hoạch.

1.2. Mục tiêu, nhiệm vụ và phạm vi đề tài

1.2.1. Mục tiêu đề tài

- Nghiên cứu, thiết kế và điều khiển thiết bị trồng cây tại nhà bằng phương pháp thủy canh. Thiết bị được thiết kế sao cho dễ dàng mở rộng để trở thành một hệ thống aquaponics.
- Thiết bị trồng rau nhắm tới đối tượng là các hộ gia đình sống tại các chung cư hoặc nhà có diện tích nhỏ tại khu vực đô thị. Do đó, thiết bị phải có kích thước nhỏ gọn, có thể đặt bên trong nhà hoặc ngoài ban công và sân thượng.
- Với cách trồng và thu hoạch xen kẽ, sản lượng cung cấp đủ cho một gia đình từ 4 – 5 người sử dụng.
- Ứng dụng được công nghệ IoT điều khiển thông qua điện thoại thông minh (tích hợp hệ thống quan sát IP camera để người dùng có thể quan sát vườn rau, tự động hóa quá trình điều chỉnh nồng độ dinh dưỡng trong nước thông qua việc gửi và nhận dữ liệu về giai đoạn sinh trưởng của từng loại cây từ trung tâm dữ liệu).

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.2.2. Nhiệm vụ và phạm vi đề tài

- Tìm hiểu về các phương pháp trồng cây thủy canh tự động.
- Tìm hiểu về quy trình trồng và chăm sóc cây bằng phương pháp thủy canh.
- Nghiên cứu thiết kế module cơ khí của hệ thống trồng cây thủy canh.
- Nghiên cứu thiết kế module điều khiển của hệ thống trồng cây thủy canh.
- Nghiên cứu ứng dụng IOTs trong điều khiển và giám sát hệ thống.
- Thực nghiệm kiểm chứng (nếu có điều kiện).

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

2.1. Phương án phương pháp trồng cây

Các phương pháp trồng cây cũng như ưu nhược điểm của từng phương pháp đã được phân tích tại phần **1.1.2. Tìm hiểu và đánh giá các phương pháp trồng cây**.

Luận văn này lựa chọn dùng **phương pháp thủy canh** bởi những ưu điểm mà nó mang lại như sau:

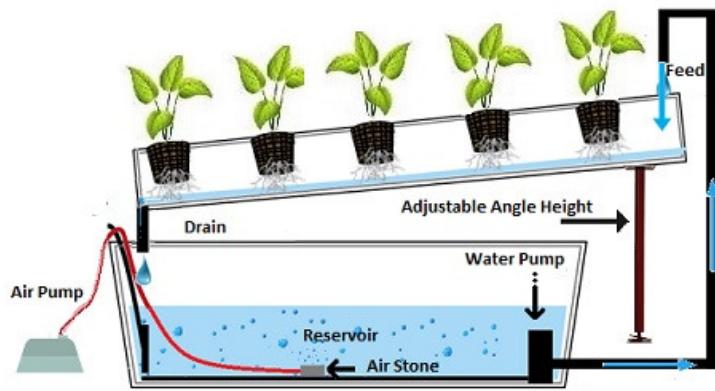
- Các loại rau, quả trồng bằng phương pháp thủy canh không cần sử dụng các loại thuốc trừ sâu. Phù hợp với tiêu chí thực phẩm sạch.
- Các công đoạn trong việc chăm sóc cây bằng thủy canh dễ dàng được tự động hơn so với phương pháp thổ canh. Giảm thiểu độ phức tạp của hệ thống.
- Phương pháp thủy canh giúp tiết kiệm diện tích so với phương pháp thổ canh truyền thống. Dễ dàng ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp theo chiều cao (Vertical farming).
- Phương pháp thủy canh giúp tiết kiệm nước hơn thổ canh truyền thống.
- Xây dựng một mô hình thủy canh sẽ dễ dàng trong việc mở rộng để trở thành một hệ thống aquaponics, tạo một hệ sinh thái hoàn chỉnh (ecosystem), giảm thiểu tối đa chất thải ra môi trường.
- Phương pháp khí canh mặc dù có các ưu điểm vượt trội hơn thủy canh, tuy nhiên là do hạn chế về công nghệ, những khó khăn khi vận hành cũng như chi phí triển khai tốn kém nên việc xây dựng một mô hình khí canh hiện tại là chưa thích hợp.

2.2. Phương án thiết kế cơ khí

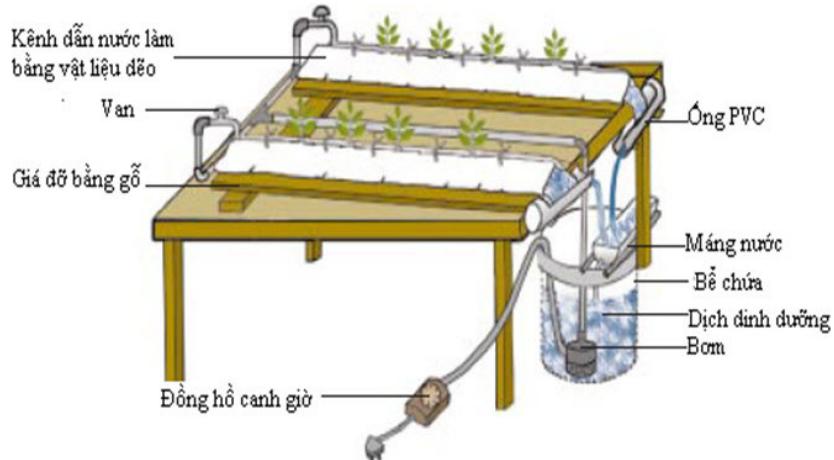
2.2.1. Phương án 1

Xây dựng hệ cơ khí dựa trên nguyên lý của một hệ thống thủy canh hồi lưu (Nutrient Film Technique – NFT system). Hệ thống này có nguyên lý được mô tả như Hình 2.1. Trong đó, dung dịch mang chất dinh dưỡng sẽ được bơm lên cung cấp cho phần rễ của các cá thể cây và rồi sẽ nhờ thế năng do kết cấu nghiêng của giàn mà sẽ quay trở lại bồn chúa. Chu trình này tạo thành một vòng tuần hoàn. Một số cơ cấu dựa trên nguyên lý này được thể hiện các Hình 2.2, Hình 2.3.

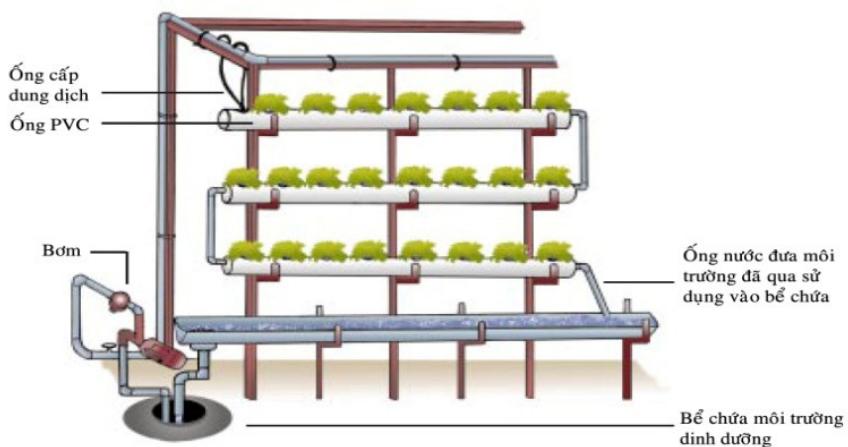
CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.1 Nguyên lý của một hệ thủy canh hồi lưu (NFT system).



Hình 2.2 Mô hình thủy canh hồi lưu dạng máng nghiêng. [21']



Hình 2.3 Mô hình thủy canh hồi lưu dạng tầng. [22']

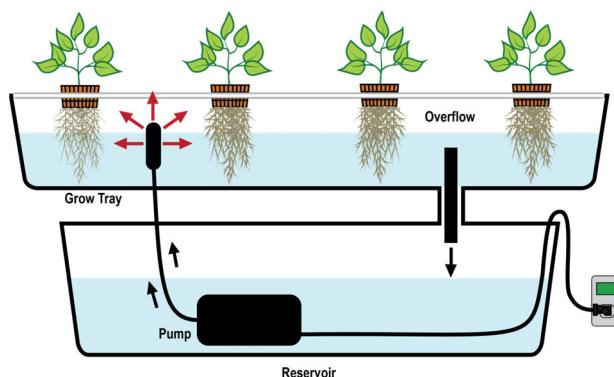
- Ưu điểm của phương án 1:
 - Do dòng nước luôn chuyển động nên các chất dinh dưỡng không bị cõi đọng, giúp tiết kiệm tối đa dung dịch dinh dưỡng.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

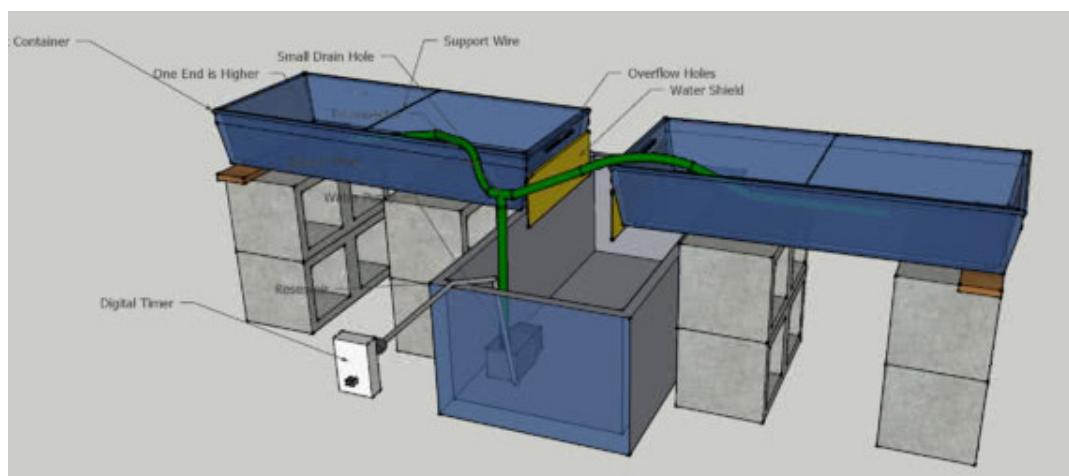
- Hệ thống có dòng nước tuần hoàn giúp nguồn nước tản nhiệt tốt, không bị quá nóng dẫn đến ảnh hưởng đến chất lượng sinh trưởng của cây.
 - Dễ dàng lắp đặt dạng tầng, tăng năng suất trồng nhưng vẫn tiết kiệm không gian.
- Nhược điểm của phương án 1:
 - Khi lắp tầng quá cao, đòi hỏi phải có máy bơm mạnh. Điện năng sử dụng cho việc bơm dung dịch lên cao thường xuyên là khá đáng kể.
 - Đôi với các hệ thống sử dụng đường ống, khi rễ cây phát triển lớn có thể gây tắc đường ống, ảnh hưởng đến các cây phía sau.

2.2.2. Phương án 2

Xây dựng hệ cơ khí dựa trên nguyên lý thủy canh tĩnh (Ebb and Flow). Hệ thống này có nguyên lý được mô tả như Hình 2.5. Cơ cấu dựa trên nguyên lý này được thể hiện ở Hình 2.6.



Hình 2.4 Nguyên lý thủy canh tĩnh (Ebb and Flow).



Hình 2.5 Mô hình một hệ thống thủy canh tĩnh. [23']

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- **Ưu điểm của phương án 2:**
 - Tiết kiệm nguồn nước cũng như điện năng do không phải bơm thường xuyên như hệ thống hồi lưu.
 - Dễ dàng lắp đặt và tùy chỉnh kích thước phù hợp với nhu cầu.
- **Nhược điểm của phương án 2:**
 - Chiếm nhiều diện tích hơn do việc bố trí dạng tầng đối với phương pháp này gây nhiều bất tiện.
 - Do nước ở dạng tĩnh nên các chất dung dịch có khả năng cô đọng, gây tổn thất nhiều chất dinh dưỡng.

2.2.3. Phương án 3

Xây dựng hệ cơ khí dựa trên nguyên lý xoay gần giống như trình bày trong phần **1.1.3.1.2. Trồng cây thủy canh dạng lồng xoay**. Tuy nhiên, các cá thể cây thay vì luôn hướng vào tâm xoay của lồng xoay thì sẽ luôn hướng lên phía trên giống với mô hình guồng nước hay đu quay.



Hình 2.6 Mô hình guồng nước và đu quay

Mô hình thủy canh theo dạng này hiện đang được sử dụng tại Trung Quốc (Hình 2.9) và Nhật Bản (Hình 2.10) với quy mô sản xuất lớn. Ở hệ thống này, các cá thể cây sẽ được đỡ bởi các thanh ngang có trọng tâm nằm thấp hơn tâm xoay của thanh, do đó luôn đảm bảo cho cây hướng lên trên. Đối với các thiết bị thủy canh hay aquaponics kích thước nhỏ tại nhà thì chưa có một sản phẩm nào được giới thiệu hay thương mại với mô hình như trên.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.7 Mô hình thủy canh xoay tại Trung Quốc. [24']



Hình 2.8 Mô hình aquaponics xoay của Nhật Bản tại Hi-Tech Agricultural Fair. [25']

- **Ưu điểm của phương án 3:**
 - Khá giống với mô hình thủy canh tĩnh nên mô hình này cũng giúp tiết kiệm nguồn nước và điện năng khi không phải bơm cao thường xuyên.
 - Các cá thể cây luôn hướng lên trên, do đó khắc phục được nhược điểm của mô hình lồng xoay: Có thể tận dụng được nguồn ánh sáng mặt trời do mọc thẳng đứng nên các loại cây có trọng lượng nặng không sợ gãy hay cong cành.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- Do cơ cấu xoay nên giúp các cá thể rau thay nhau nhận ánh sáng mặt trời khi hướng nắng chỉ nằm ở 1 phía (điều này thích hợp đối với các nhà chung cư, các căn nhà kín khi thường chỉ có ánh nắng từ cửa sổ hay phần ban công nhô ra). Ngoài ra, cơ cấu cũng giúp cây tận dụng tối đa ánh sáng từ đèn LED chuyên dụng được lắp đặt phía trên cơ cấu.
- Do cơ cấu xoay gây tác động lên bệ nước phía dưới. Do đó, nước ở bệ này sẽ không ở trạng thái tĩnh. Các dung dịch, do vậy, khó bị cô đọng. Nhược điểm của phương pháp 2 được khắc phục.
- Nhược điểm của phương án 3:
 - Hệ thống phải đảm bảo luôn hoạt động để cây không bị thiếu nước dẫn tới chết cây, yêu cầu các giá thể trồng cây phải giữ ẩm tốt.
 - Lắp đặt một hệ thống này là khá phức tạp. Chi phí cũng sẽ tốn kém hơn các hệ thống khác.

2.2.4. Kết luận

Chọn phương án thiết kế cơ khí theo phương án 3 bởi các ưu điểm mà nó mang lại cũng như sự phù hợp với các tiêu chí đề ra ban đầu:

- Hệ thống có thể dễ dàng mở rộng để trở thành một hệ aquaponics.
- Hệ thống có thể được xây dựng với kích thước nhỏ, tiết kiệm diện tích nhưng vẫn đảm bảo năng suất, phù hợp với tiêu chí sử dụng cho các hộ gia đình sống trong nhà phố, chung cư có diện tích nhỏ, ...
- Hệ thống xây dựng theo phương án này có tính thẩm mỹ cao, dễ thu hút người nhìn do việc chuyển động xoay của một vườn rau giúp kích thích sự tò mò. Có thể kết hợp với bể nuôi cá cảnh tạo thành hệ aquaponics, phù hợp với việc đặt trong nhà, giúp ngôi nhà thêm phần sinh động.

2.3. Điều khiển nồng độ dinh dưỡng trong dung dịch

2.3.1. Các thông số quan trọng trong thủy canh

Trong thủy canh, tất cả các chất cần thiết cung cấp cho cây đều được sử dụng dưới dạng các muối khoáng vô cơ hòa tan trong dung môi là nước. Sự thành công hay thất

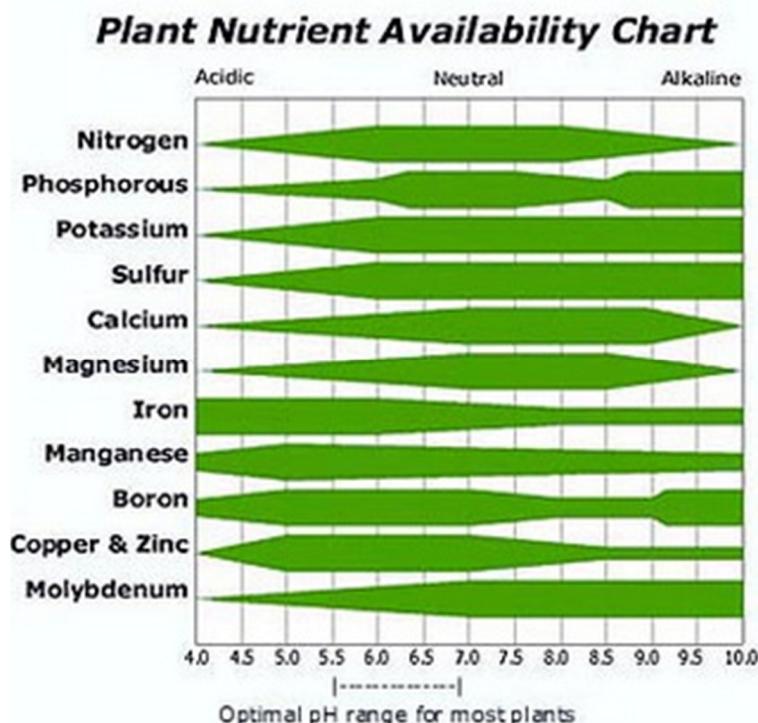
CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

bại của việc trồng rau thủy canh đều phụ thuộc vào việc xử lý chất dinh dưỡng thông qua giá trị pH và tổng chất rắn hòa tan TDS trong dung dịch thủy canh.

a. Chỉ số pH

pH là chỉ số đo độ hoạt động (hoạt độ) của các ion hiđrô (H^+) trong dung dịch và vì vậy là độ axít hay bazơ của nó. Trong các hệ dung dịch nước, hoạt độ của ion hiđrô được quyết định bởi hằng số điện ly của nước ($K_w = 1.008 \times 10^{-14}$) ở $25^\circ C$ và tương tác với các ion khác có trong dung dịch. Do hằng số điện ly này nên một dung dịch trung hòa có giá trị pH xấp xỉ 7. Thang đo pH có khoảng từ 0 – 14. Các dung dịch nước có giá trị pH nhỏ hơn 7 được coi là có tính axít, trong khi các giá trị pH lớn hơn 7 được coi là có tính kiềm. [21]

Giá trị pH được tính trên mức độ hoạt động của các nguyên tố khác nhau với cây trồng. Việc điều khiển pH rất quan trọng. Giúp ngăn chặn sự pH tăng lên quá cao sẽ thải ra các muối acid vào môi trường là nguyên nhân làm cho các chất độc trong môi trường tăng lên. Gây ra tình trạng kết tủa $Ca_3(PO_4)_2$, gây nghẹt ống dung dịch và bám quanh rễ cây, hạn chế sự dẫn nước. Nếu pH giảm xuống thì cây sẽ thải ra các thành phần ion bazơ. Có thể làm giới hạn việc hấp thu các muối gốc acid, nên rễ cây không cần thiết hấp thụ.



Hình 2.9 pH tối ưu cho hầu hết loại cây trồng thủy canh là 5.5 – 6.8. [26]

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

b. Chỉ số TDS

Chỉ số TDS (Total Dissolved Solids) là chỉ số đo tổng lượng hòa tan của chất hữu cơ, chất vô cơ hòa tan và ion mang điện tích bao gồm khoáng chất, muối hoặc kim loại tồn tại trong một khối lượng nước nhất định. TDS thường được biểu thị bằng hàm số mg/L hoặc ppm (Parts Per Million).

Bảng 2.1 Các chất dinh dưỡng cần thiết và nồng độ của chúng trong dung dịch dinh dưỡng thủy canh. [27]

Tên các chất	Góc ion	Nồng độ (ppm)
Nitrogen	Nitrate (NO_3^-), Ammonium (NH_4^+)	100 ~ 250
Phosphorus	H_2PO_4^- , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-}	30 ~ 50
Potassium	Potassium (K^+)	100 ~ 300
Calcium	Calcium (Ca^{2+})	80 ~ 140
Magnesium	Magnesium (Mg^{2+})	30 ~ 70
Sulfur	Sulfate(SO_4^{2-})	50 ~ 120
Iron	Fe^{2+} , Fe^{3+}	1.0 ~ 3.0
Copper	Copper (Cu^{2+})	0.08 ~ 0.2
Manganese	Manganese (Mn^{2+})	0.5 ~ 1.0
Zinc	Zinc (Zn^{2+})	0.3 ~ 0.6
Molybdenum	Molybdate (MoO_4^{2-})	0.04 ~ 0.08
Boron	BO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	0.2 ~ 0.5
Chloride	Chloride (Cl^-)	< 70
Sodium	Sodium (Na^+)	< 50

Hai phương pháp chính để đo tổng số chất rắn hòa tan là đo trọng lượng và đo độ dẫn điện. Trong đó, phương pháp đo trọng lượng cho phép đo chính xác nhất khi dùng cách làm bốc hơi dung môi lỏng và đo phần trọng lượng còn sót lại. Nếu các chất trong dung dịch xuất phát từ muối vô cơ, phương pháp đo trọng lượng cho kết quả chính xác,

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

nhưng nếu trong dung dịch chứa chủ yếu hữu cơ thì phần lớn các chất này có thể bị phá hủy trong quá trình gia nhiệt và dẫn đến kết quả đo không chính xác.

Do các chất dinh dưỡng trong dung dịch thủy canh hầu hết là các ion hòa tan, phương pháp đo chỉ số TDS bằng cách đo trọng lượng tõ ra rất chính xác. Tuy nhiên, phương pháp này là không thực tế đối với ứng dụng trồng thủy canh mà chỉ thích hợp đo trong phòng thí nghiệm, do đòi hỏi phải các loại cân chính xác, dụng cụ đặc biệt, ... Do đó, phương pháp đo chỉ số TDS bằng cách đo độ dẫn điện, hay cụ thể là chỉ số EC (Electrical Conductivity). Từ đó, suy ra chỉ số TDS bởi một mối quan hệ tuyến tính. Tuy nhiên, tùy vào từng khu vực mà người ta quy định tỷ lệ chuyển đổi khác nhau:

- Mỹ: $1 \text{ mS/cm} = 500 \text{ ppm}$.
- Liên minh châu Âu: $1 \text{ mS/cm} = 640 \text{ ppm}$.
- Úc: $1 \text{ mS/cm} = 700 \text{ ppm}$.

Do đó, khi chọn các cảm biến đo TDS thì cần lưu ý cảm biến đó sử dụng tỷ lệ chuyển đổi ở khu vực nào. Từ đây, ta cũng có thể thấy việc đo TDS thực chất là đo EC. Do vậy, sẽ thích hợp hơn khi ta sử dụng cảm biến đo EC thay vì cảm biến đo TDS. Việc cần thực hiện là điều chỉnh chỉ số EC đã được chuyển đổi từ chỉ số TDS theo các nghiên cứu được công bố. Từ đây, thay vì kiểm soát chỉ số TDS, ta sẽ kiểm soát chỉ số EC.

c. Chỉ số EC

Chỉ số EC (Electrical Conductivity) là chỉ số diễn tả độ dẫn điện của tổng các ion hòa tan trong dung dịch. Đơn vị tiêu biểu được dùng để đo lường EC là milliSiemens trên centimet (mS/cm). Từ độ dẫn điện của dung dịch, ta có thể suy ra được tổng nồng độ của các ion hòa tan trong dung dịch.

Nhược điểm của việc đo chỉ số EC là không diễn tả nồng độ của từng chất trong dung dịch đồng thời cũng không thể hiện mức độ cân bằng của các chất dinh dưỡng trong dung dịch. Tuy nhiên, việc này cũng không quá cần thiết, do khi sử dụng các sản phẩm dung dịch thủy canh pha sẵn thì tỷ lệ nồng độ các chất đã được điều chỉnh phù hợp cho hầu hết các loại cây. Do đó, ta chỉ cần dùng chỉ số EC để xác định được rằng nồng độ các chất dinh dưỡng đã được pha vào nước đã phù hợp với giai đoạn phát triển của loại cây đó hay chưa. Từ đó, điều chỉnh thêm hoặc pha loãng dung dịch dinh dưỡng.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Tùy vào đối tượng rau ăn lá: EC thích hợp trong khoảng $0.6 \sim 1.8 \text{ mS/cm}$; rau ăn trái là $1.5 \sim 2.5 \text{ mS/cm}$. Giá trị EC cao hơn sẽ ngăn cản sự hấp thu chất dinh dưỡng. EC thấp sẽ ảnh hưởng đến sức sống và năng suất cây. Khi cây hấp thu chất dinh dưỡng và nước từ dung dịch, tổng nồng độ muối và EC đều thay đổi. Nếu dung dịch có chỉ số EC cao thì sự hấp thu nước của cây diễn ra nhanh hơn sự hấp thu khoáng chất. Hậu quả là nồng độ dung dịch sẽ gây độc cho cây. Khi đó ta cần phải bổ sung nước vào môi trường. Ngược lại EC thấp, cây hấp thu khoáng chất nhanh hơn nước. Khi đó cần bổ sung thêm khoáng chất vào dung dịch.

Bảng 2.2 Giới hạn chỉ số EC đối với một số loại cây trồng. [28]

Cây trồng	EC (mS/cm)
Cà chua	$2.4 \sim 5.0$
Xà lách	$0.6 \sim 1.5$
Dâu tây	$1.5 \sim 2.4$
Ớt	$1.5 \sim 2.4$
Cải bắp	$2.5 \sim 3.0$
Rau chân vịt, cải bó xôi	$1.8 \sim 2.3$
Rau diếp	$0.8 \sim 1.2$
Rau muống	$0.6 \sim 0.8$
Rau đay	$0.6 \sim 0.8$

d. Kết luận

Qua những phân tích các chỉ số, ta nhận thấy để tự động hóa được quy trình kiểm soát dinh dưỡng trong dung dịch thủy canh thì ta cần phải kiểm soát 2 chỉ số là pH và EC. Chỉ số TDS không phù hợp vì bản chất nguyên lý đo giống chỉ số EC, nhưng được chuyển đổi bởi các hệ số khác nhau tùy khu vực. Khi sử dụng các dung dịch dinh dưỡng thủy canh pha sẵn thì độ pH của dung dịch này đã được pha chế sao cho nằm trong vùng tối ưu cho hầu hết loại cây ($\text{pH } 5.5 \sim 6.8$). Do đó, khi ta pha trộn, hai chỉ số EC và pH là tách biệt nhau, khi thay đổi chỉ số này thì chỉ số kia không bị thay đổi.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

2.3.2. Phương án tự động hóa quá trình kiểm soát nồng độ dinh dưỡng

a. Phương án 1 – Sử dụng các dung dịch thủy canh được pha sẵn.

Các sản phẩm dung dịch thủy canh được pha sẵn trên thị trường và có nồng độ các chất dinh dưỡng phù hợp với hầu hết các loại rau, đã được nghiên cứu và chuẩn hóa an toàn theo tiêu chuẩn quốc tế công nhận. Một số sản phẩm phổ biến hiện nay của các hãng như Hydro Green, Hydroumat F, Tháp xanh ...

- **Ưu điểm của phương án 1**
 - Tiện lợi, dễ dàng cho việc tự động hóa quy trình kiểm soát nồng độ.
 - Sản phẩm này dễ kiểm và mua được.
- **Nhược điểm của phương án 1**
 - Nồng độ chất các được pha chế sẵn, do đó, có thể là chưa tối ưu đối với các loại cây.



Hình 2.10 Một số loại dung dịch thủy canh pha sẵn trên thị trường.

b. Phương án 2 – Tự pha dung dịch thủy canh.

Nồng độ các chất dinh dưỡng phù hợp với từng loại cây đều được công bố trên các nghiên cứu, do đó, hoàn toàn có thể mua các chất hóa học về và tự pha dung dịch thủy canh theo chỉ định phù hợp với từng loại cây.

- **Ưu điểm của phương án 2**
 - Dung dịch thủy canh tự pha có thể đạt được các yêu cầu mức độ dinh dưỡng khác nhau của cây trồng.
 - Tiết kiệm tối đa chi phí và linh hoạt.
- **Nhược điểm của phương án 2**

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- Đòi hỏi người dùng phải có hiểu biết ứng với từng loại rau.
- Khó khăn trong việc tự động hóa do có rất nhiều chất phải pha.

c. Kết luận

→ Lựa chọn phương án 1 do phương án này giúp dễ dàng hơn trong quy trình tự động hóa, giúp hệ thống trở nên gọn gàng. Không đòi hỏi người dùng phải có kiến thức về các loại rau và can thiệp vào hệ thống.

2.3.3. Phương án tự động hóa quá trình kiểm soát chỉ số pH

Đối với dung dịch thủy canh thì nồng độ pH thường có xu hướng tăng lên cao do các cá thể cây hấp thụ khí CO₂ trong nước cho quá trình quang hợp của mình. Do đó, ta sẽ chỉ cần tập trung vào việc giảm đồng độ pH khi tăng cao hơn mức cho phép.

a. Phương án 1 – Sử dụng các vật liệu lọc

Sử dụng các vật liệu có trong tự nhiên như gỗ lũa, rêu bùn, lá bàng, ... hay sử dụng lọc thẩm thấu ngược (Reverse Osmosis – RO).



Hình 2.11 Gỗ lũa và Rêu bùn.

- **Ưu điểm của phương án 1**
 - Sử dụng vật liệu tự nhiên, không phải chất hóa học để thay đổi pH giúp đảm bảo độ an toàn cho rau.
 - Các vật liệu này dễ kiểm và có giá thành rẻ.
- **Nhược điểm của phương án 1**
 - Bộ lọc kiểu này có khả năng lọc cặn nên cần thường xuyên rửa ngược, tránh gây tắc nghẽn. Các vật liệu trong bộ lọc RO tan từ từ và hao hụt dần. Vì thế nên thường xuyên kiểm tra và bổ sung định kỳ.
 - Việc phải dẫn nước đi qua bộ lọc và trở lại bồn sẽ làm hệ thống thêm phức tạp.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

b. Phương án 2 – Dùng bơm điều chỉnh pH bằng hóa chất

Sử dụng các dung dịch hóa chất giảm pH chuyên sử dụng cho thủy canh đã được pha sẵn bán trên thị trường. Các sản phẩm dung dịch pH Down phổ biến trên thị trường Việt Nam là của Tháp xanh hay các sản phẩm được nhập ngoại của AtlasScientific và General Hydroponics.



Hình 2.12 Dung dịch pH Down lần lượt của Tháp xanh, General Hydroponics và AtlasScientific.

- **Ưu điểm của phương án 2**
 - Dung dịch được pha sẵn phù hợp với ứng dụng trong thủy canh
 - Chỉ cần dùng cơ cấu bơm và định lượng để nhanh chóng giảm độ pH của dung dịch. Cơ cấu đơn giản và gọn gàng.
 - Đễ dàng mua và có giá thành rẻ.
- **Nhược điểm của phương án 2**
 - Sử dụng chất hóa học để giảm pH. Do đó, cần chắc chắn rằng các sản phẩm này là an toàn và còn hạn sử dụng để đảm bảo độ sạch của rau.

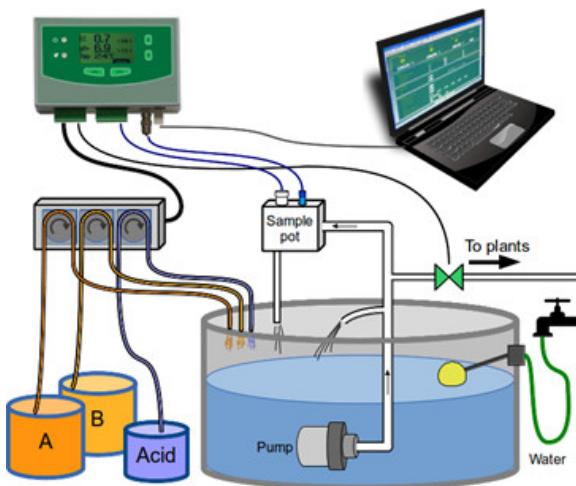
c. Kết luận

→ Lựa chọn phương án 2 do phương án này giúp dễ dàng hơn trong quy trình tự động hóa, giúp hệ thống trở nên gọn gàng, không cần người dùng phải vệ sinh như khi sử dụng các vật liệu lọc.

2.3.4. Đưa ra mô hình điều khiển nồng độ dinh dưỡng dung dịch thủy canh

Mô hình điều khiển nồng độ dinh dưỡng sẽ điều khiển lưu lượng từ ba loại dung dịch: Dung dịch dinh dưỡng nhóm A, dung dịch dinh dưỡng nhóm B và dung dịch giảm độ pH (acid).

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.13 Mô hình đề xuất điều khiển nồng độ dinh dưỡng dung dịch thủy canh.

2.4. Phương án điều khiển

2.4.1. Lựa chọn trung tâm điều khiển

Có hai phương án điều khiển dùng PLC và dùng vi điều khiển.

→ Sử dụng vi điều khiển là hợp lý hơn bởi những lý do sau:

- PLC có kích thước và khối lượng lớn hơn vi điều khiển, giá thành cao.
- Đòi hỏi kết nối với Internet, truyền tải dữ liệu lên trung tâm dữ liệu đám mây. Vi điều khiển thực hiện điều này dễ dàng với chi phí tổn kém ít hơn.

2.4.2. Lựa chọn động cơ cho cơ cấu giàn xoay

a. Phương án 1: Động cơ AC

- **Ưu điểm:**
 - Dãy công suất lớn tùy thuộc vào nhu cầu có các loại động cơ khác nhau, có thể mắc vào mạng lưới điện quốc gia.
 - Làm việc tin cậy, dễ bảo quản.
- **Nhược điểm:**
 - Khó điều khiển vận tốc, moment mở máy lớn tiêu hao nhiều điện.

b. Phương án 2: Động cơ DC

- **Ưu điểm:**
 - Tốc độ đáp ứng nhanh và chính xác.
 - Mạch điều khiển tốc độ chính xác, đều và khởi động êm.

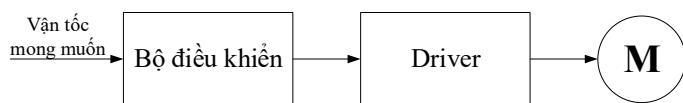
CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- Nhược điểm:
 - Độ vọt lố cao, thường giao động quanh vị trí dừng, gây rung lắc.
 - Giá thành cao.

c. Kết luận

Do hệ thống sử dụng nguồn điện chung 12 VDC nên lựa chọn sử dụng động cơ DC để xoay giàn và giữ tải cố định khi không thực hiện tác vụ xoay. Ngoài ra, động cơ DC sẽ có lợi thế hơn do có nhiều chủng loại công suất thấp (phù hợp với tải trọng nhỏ mà hệ thống phải tải).

Đối với phương pháp thủy canh, cơ cấu xoay của thiết bị sẽ chỉ cần xoay đều và liên tục. Do đó, việc điều khiển vị trí các thanh ngang đỡ các cá thể cây là không cần thiết. Còn về điều khiển vận tốc xoay của cơ cấu thì không cần kiểm soát quá chặt chẽ. Do vậy, vận tốc xoay của cơ cấu chỉ cần áp dụng điều khiển vòng hở.



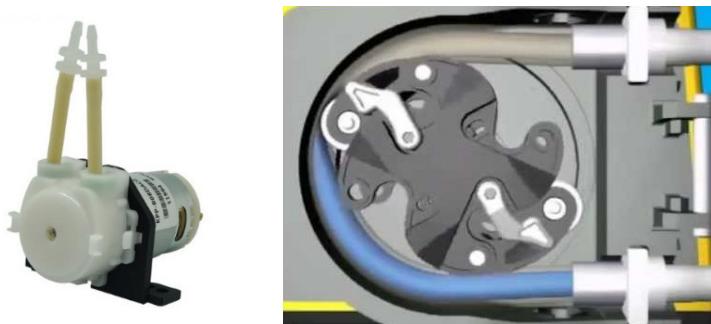
Hình 2.14 Điều khiển vòng hở vận tốc xoay.

2.4.3. Lựa chọn bơm định lượng dung dịch

Để điều khiển lưu lượng dung dịch từ ba loại dung dịch được bơm vào bồn chứa, ta có các phương án sau

a. Phương án 1: Sử dụng bơm nhu động

Với cơ chế hoạt động là các bánh xe được lắp trên trục xoay sẽ thay phiên ép ống để tạo áp lực hút dung dịch, bơm nhu động thường được sử dụng để bơm các dung dịch sệt, nhiều tạp chất hòa tan hoặc bơm hóa chất, nước, ... với độ chính xác cao.



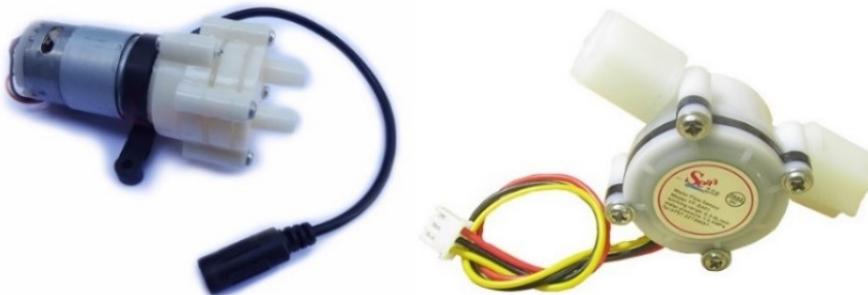
Hình 2.15 Nguyên lý hoạt động của bơm nhu động.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- **Ưu điểm của phương án 1**
 - Hoạt động tốt khi bơm các dung dịch có nhiều tạp chất (dạng hòa tan). Không cần van 1 chiều.
 - Công suất hay liều lượng bơm ít bị ảnh hưởng bởi áp suất hay đặc tính của dịch bơm.
- **Nhược điểm của phương án 1**
 - Do ống bị ép liên tục nên chất lượng ống giảm theo thời gian, cần phải thay thế.
 - Do cơ chế hoạt động phải ép ống nên tiêu hao năng lượng cao hơn.
 - Giá thành cao hơn nhiều so với các loại bơm khác.

b. Phương án 2: Sử dụng bơm dung dịch kết hợp cảm biến lưu lượng

Bằng việc kết hợp một loại bơm dung dịch bình thường với cảm biến lưu lượng và bộ điều khiển, ta cũng có thể điều khiển được lưu lượng các loại dung dịch.



Hình 2.16 Bơm mini và cảm biến lưu lượng.

- **Ưu điểm của phương án 2**
 - Linh hoạt hơn trong việc lựa chọn bơm.
 - Chi phí cần bỏ ra thấp hơn so với bơm nhu động.
 - Do có cảm biến lưu lượng nên kiểm soát được thể tích dung dịch mà bơm đã bơm ra.
- **Nhược điểm của phương án 2**
 - Cơ cấu gồm nhiều thành phần tách rời, gây bất tiện.
 - Cần phải có bộ điều khiển ứng với từng loại bơm và cảm biến.
 - Loại bơm và cảm biến được chọn phải đảm bảo hoạt động ổn định với các dung dịch chứa acid và chất rắn hòa tan.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

c. Kết luận

Lựa chọn phương án 1 bởi loại bơm nhu động được thiết kế đặc thù dành riêng cho các ứng dụng bơm lưu lượng chính xác các loại dung dịch có chứa acid và nhiều chất rắn hòa tan. Tuy nhiên để có thể điều khiển vòng kín và đảm bảo được độ chính xác cao thì việc sử dụng kết hợp bơm nhu động với các cảm biến lưu lượng là cần thiết.

2.5. Tìm hiểu các điều kiện sinh trưởng của các loại rau

Các loại rau đòi hỏi các điều kiện tự nhiên về giống hạt, đất trồng, nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm, thời vụ khá chặt chẽ [27].

2.5.1. Nhiệt độ

Nhiệt độ là yếu tố khó không chế nhưng lại ảnh hưởng rất lớn đến sinh trưởng của cây rau, yếu tố này thay đổi theo mùa, theo thời kì sinh trưởng, theo ngày đêm, giống cây, ... [28].

a. Theo từng loại rau:

Yêu cầu nhiệt độ của cây rau thay đổi theo từng loại [27]. Theo V. M. Mác-côp giới hạn sinh trưởng các loại rau là: $t \pm 14^{\circ}\text{C}$, với t là nhiệt độ sinh trưởng thích hợp.

Loại rau chịu rét trung bình: Gồm xà lách, cải xanh, ... nhóm này có thể chịu đựng điều kiện lạnh $(-1) \sim (-2)^{\circ}\text{C}$ một thời gian lâu và $(-3) \sim (-5)^{\circ}\text{C}$ trong vài ngày. Nhiệt độ thích hợp $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$, nếu nhiệt độ hơn 25°C thì quang hợp giảm, nhiệt độ hơn 40°C thì cây quá trình hô hấp lớn hơn quang hợp, dẫn đến cây chết [28].

Loại rau ưa nhiệt độ cao: Loại này gồm có các loại rau sinh trưởng trong mùa hè nước ta, không chịu nhiệt độ thấp: rau đay, mòng tơi... Nhiệt độ thích hợp cho sự sinh trưởng, phát triển là $20 - 30^{\circ}\text{C}$, khi nhiệt độ dưới 10°C , cây sinh trưởng chậm, nhiệt độ thấp kéo dài cây sẽ chết nhưng khi nhiệt độ cao hơn 40°C thì hô hấp lớn hơn quang hợp dẫn đến cây chết [28].

b. Theo thời kì sinh trưởng:

Thời kỳ nảy mầm: Tất cả các loại rau đều yêu cầu nhiệt độ cao để tăng cường hô hấp, sự trao đổi chất, phân giải các chất khó tan thành dễ tan, cung cấp năng lượng cho các quá trình nảy mầm. Sự nảy mầm của tất cả các loại rau xảy ra thuận lợi ở nhiệt độ

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

cao hơn nhiệt độ tối thích cho sự tăng trưởng của cây từ $4 \sim 7^{\circ}\text{C}$ [29]. Như rau xà lách sinh trưởng tốt ở $15 \sim 18^{\circ}\text{C}$ [30], nhưng nảy nầm tốt nhất ở 20°C [31].

Thời kỳ cây con: Cây con nhỏ, yếu, tế bào chứa nhiều nước, vách tế bào mỏng nên khả năng chống chịu điều kiện ngoại cảnh yếu, nhiệt độ cao sẽ gia tăng hô hấp làm cho cây con thiếu dinh dưỡng khi chưa đủ khả năng tự dưỡng [29]. Vì vậy, thời kỳ này yêu cầu nhiệt độ thấp hơn, nhiệt độ thích hợp $18 \sim 20^{\circ}\text{C}$ [28].

Thời kỳ sinh trưởng dinh dưỡng (tăng trưởng và tích lũy chất dự trữ): Ở thời kì này cây sinh trưởng mạnh, khối lượng thân lá tăng lên không ngừng, những cây rau ưa khí hậu mát lạnh thì nhiệt độ thích hợp cho quá trình tích lũy từ $17 \sim 18^{\circ}\text{C}$, rau ưa nhiệt độ cao yêu cầu nhiệt độ $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ [28].

c. Phương án giám sát nhiệt độ cho thiết bị

Đối với phương pháp thủy canh thì ngoài nhiệt độ môi trường xung quanh cây thì nhiệt độ của dung dịch dinh dưỡng cũng hết sức quan trọng. Tuy nhiên, bởi sự khó khăn trong việc khống chế nhiệt độ cũng như việc thiết bị sẽ được đặt trong nhà, nơi mà nhiệt độ sẽ tương đối ổn định, cho nên, đề tài chỉ dừng lại ở việc giám sát nhiệt độ chứ không thiết kế hệ thống để điều chỉnh nhiệt độ theo mong muốn. Điều này giúp giảm bớt sự phức tạp của hệ thống và chi phí cần phải bỏ ra.

Hệ thống giám sát nhiệt độ được thiết kế bao gồm hai cảm biến. Một là cảm biến nhiệt độ môi trường xung quanh. Hai là cảm biến nhiệt độ nước. Loại cảm biến thứ hai đòi hỏi phải có tiêu chuẩn chống nước. Dữ liệu về hai giá trị nhiệt độ này sẽ được hiển thị lên thiết bị cũng như gửi đến trung tâm dữ liệu, từ đó, dữ liệu này được hiển thị lên ứng dụng di động của người dùng và sẽ đưa ra cảnh báo cho người dùng nếu nhiệt độ không nằm trong vùng nhiệt độ cho phép.

2.5.2. Ánh sáng

Ánh sáng là yếu tố rất quan trọng và cần thiết trong sản xuất rau, $90 \sim 95\%$ năng suất cây trồng là do quang hợp mà có, khi ánh sáng thay đổi sẽ làm thay đổi các quá trình trong cây như quang hợp, sự nảy mầm, sự lớn lên của lá, ... [28]. Thiếu ánh sáng cây sinh trưởng khó khăn, hàm lượng diệp lục giảm, thịt lá mềm, xốp, giảm khả năng chống chịu điều kiện bất thường [29].

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

a. Thời gian chiếu sáng

Nhóm rau ngày dài: yêu cầu từ 12 ~ 14 giờ hoặc nhiều hơn: cải bắp, cải các loại, cải củ, cà rốt, xà lách, khoai tây, ... nếu thời gian này giảm xuống 10 ~ 12 giờ/ngày, cây sinh trưởng, phát triển chậm, kéo dài thời gian sinh trưởng. [28]

Nhóm rau trung tính: không phản ứng rõ với ánh sáng ngày dài hay ngày ngắn: ngô rau, actiso, rau đay, ... [28]

b. Cường độ ánh sáng

Nhóm rau yêu cầu cường độ ánh sáng mạnh: rau muống, đậu đũa, rau đay, ... [28]

Nhóm rau yêu cầu ánh sáng trung bình: cải bắp, cải trắng, cải củ, ... [28]

Nhóm rau yêu cầu cường độ ánh sáng yếu: xà lách, rau diếp, ... phải trồng trong điều kiện có che bóng. [28]

c. Loại ánh sáng

Các loại rau đa số ưa ánh sáng tán xạ hơn trực xạ (ánh sáng đỏ và ánh sáng vàng chiếm tới 50 ~ 60%, còn ánh sáng trực xạ chiếm 30 ~ 40%). Rau ưa ánh sáng buổi sáng sớm vì ánh sáng tán xạ 100% và ưa ánh sáng đỏ nhiều nhất vì diệp lục hấp thụ nhiều nhất ánh sáng đỏ [28].

Ánh sáng đỏ (tia đỏ cam có độ dài bước sóng 600 ~ 700 nm) có tác dụng tích cực nhất trong sự đồng hóa CO₂) làm cho rau ngày dài phát triển nhanh, rau ngày ngắn phát triển chậm [23]. Ánh sáng xanh (tia xanh tím có bước sóng 400 ~ 500 nm) có tác dụng như bóng tối làm cho rau ngày ngắn phát triển nhanh, ngày dài phát triển chậm, ánh sáng tím làm tăng hàm lượng vitamin C, ...

Các tia cực tím có bước sóng dài hơn (300 ~ 380 nm) chiếu qua khí quyển có tác dụng tốt cho thực vật, thúc đẩy quá trình trao đổi chất, đặc biệt là tổng hợp vitamin C, ảnh hưởng sự phân nhánh, làm giảm hoạt động sống của nhiều vi sinh vật gây bệnh, nâng cao tính chịu lạnh và khả năng thích nghi cao của cây rau [29].

→ Do thiết bị được đặt trong nhà, có thể hoặc không được đặt kế bên cửa sổ. Do đó, dẫn tới việc cây có khả năng bị thiếu sáng nghiêm trọng. Do đó cần sử dụng hệ thống chiếu sáng để cung cấp thêm ánh sáng cho cây. Thời gian chiếu sáng sẽ được điều chỉnh

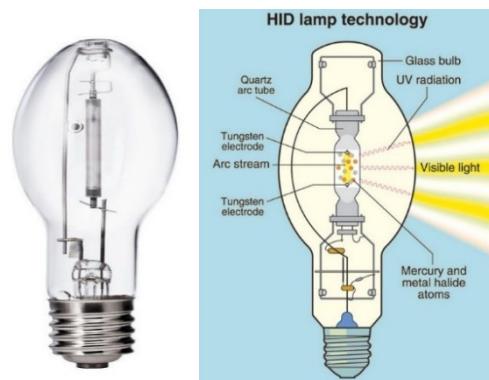
CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

tùy theo việc cây có được đặt ở vị trí cửa sổ hay không cũng như thời gian chiếu gian chiếu sáng cần thiết cho cây.

d. Các loại ánh sáng nhân tạo trong việc trồng cây rau

High Intensity Discharge

High Intensity Discharge (HID), ở Việt Nam thường gọi là đèn dây tóc.



Hình 2.17 Nguồn sáng nhân tạo từ đèn dây tóc (HID). [32]

- **Ưu điểm**
 - Quang phổ đầy đủ.
 - Có thể sử dụng cho các loại cả hoa do có cường độ sáng rất mạnh.
- **Nhược điểm**
 - Bóng dây tóc có tuổi thọ thấp, hỏng khá nhanh.
 - Sử dụng nhiều điện năng.
 - Nhiệt tỏa ra cao, đòi hỏi phải có hệ thống quạt tản nhiệt.

Compact Fluorescent Lighting

Compact Fluorescent Lighting (CFL), ở Việt Nam thường gọi là đèn com-pắc.



Hình 2.18 Nguồn sáng nhân tạo từ đèn com-pắc (CFL). [32]

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- **Ưu điểm**
 - Nhiệt độ tỏa ra thấp.
 - Tương đối tiết kiệm năng lượng.
 - Rẻ tiền.
 - Tốt cho các loại cây lá xanh như rau diếp, rau bina và thảo mộc.
- **Nhược điểm**
 - Quang phổ không đầy đủ.
 - Cường độ sáng không mạnh. Do đó, không tốt cho các loại hoa hoặc cây ăn quả.

Light-Emitting Diode

Các sản phẩm đèn Light-Emitting Diode (LED) đã trở nên rất phổ biến và thông dụng ở Việt Nam. Loại đèn này đã được phát triển để có thể đáp ứng các điều kiện về ánh sáng của các loại cây trồng.



Hình 2.19. Nguồn sáng nhân tạo từ các loại đèn LED chuyên dụng cho trồng cây. [32]

- **Ưu điểm**
 - Nhiệt độ tỏa ra rất thấp.
 - LED đỏ và LED xanh dương có thể kết hợp để tạo ra đầy đủ quang phổ hoặc một phần quang phổ.
 - Có độ bền cao.
 - Dễ dàng điều chỉnh kích thước tùy với diện tích khu vườn
 - Tiết kiệm năng lượng
- **Nhược điểm**
 - Giá thành của các loại LED chuyên dụng thường khá đắt.

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Kết luận

Phương án sử dụng đèn LED chuyên dụng là khả thi hơn cả bởi các lợi ích tích cực mà nó mang lại.

2.5.3. Độ ẩm

Hầu hết các cây rau sinh trưởng, phát triển tốt, cho năng suất cao và chất lượng tốt thường đảm bảo độ ẩm vào khoảng 50 – 80%, những cây rau yêu cầu độ ẩm không khí cao như cải các loại (cải bắp, cải xanh, cải bẹ, cải thìa, cải ngọt) yêu cầu độ ẩm không khí cao 80 – 90% trong suốt thời kỳ sinh trưởng [28].

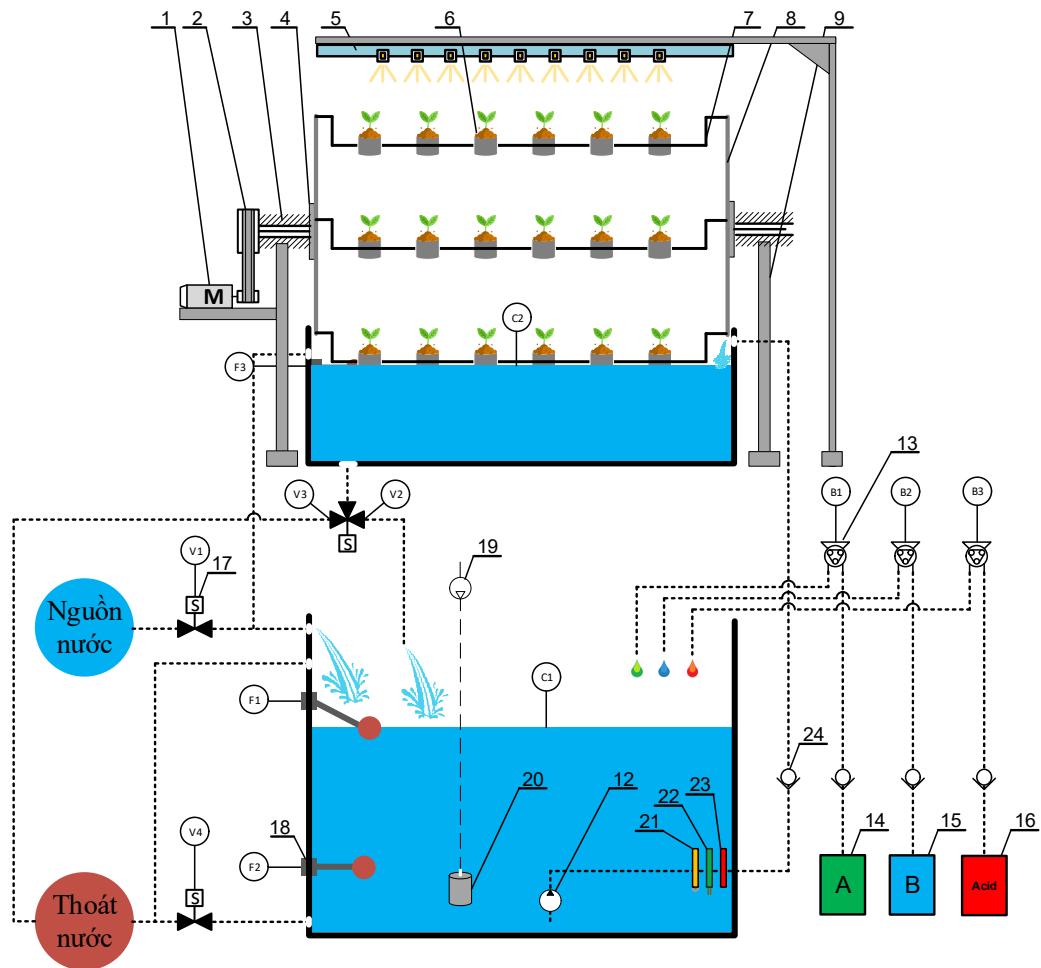
Nói chung, khí hậu của Việt Nam có độ ẩm thích hợp cho hầu hết các loại rau. Do đó, đê tài sẽ không được thiết kế để điều khiển cũng như giám sát thông số về độ ẩm.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

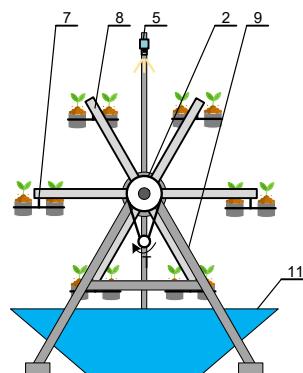
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.1. Sơ đồ nguyên lý

1. Motor truyền động;
2. Bộ truyền;
3. Gối đỡ;
4. Dĩa xoay;
5. Đèn LED;
6. Chậu đỡ cây;
7. Thanh đỡ chậu;
8. Thanh xoay;
9. Khung đỡ;
10. Đường nước;
11. Bồn chứa dung dịch dinh dưỡng (C1, C2);
12. Bơm nước;
13. Bơm nhu động (B1, B2, B3);
14. Dung dịch A;
15. Dung dịch B;
16. Dung dịch giảm pH;
17. Van điện từ (V1, V2, V3, V4);
18. Công tắc phao;
19. Bơm khí;
20. Sủi bọt khí;
21. Đầu dò cảm biến pH;
22. Đầu dò cảm biến EC;
23. Cảm biến nhiệt độ;
24. Van 1 chiều



Hình 3.1 Sơ đồ nguyên lý của hệ thống theo hướng nhìn ngang.



Hình 3.2 Sơ đồ nguyên lý của cơ cấu xoay theo hướng nhìn dọc.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Chất dinh dưỡng sẽ được pha trộn và kiểm soát tại bồn chúa C1. Do đó, các cảm biến sẽ được đặt trong ở bồn chúa này. Bơm nhu động sẽ bơm hóa chất từ ba chai chứa các dung dịch dinh dưỡng và dung dịch giảm pH để pha trộn vào nước ở bồn chúa C1.

Các van một chiều có nhiệm vụ chỉ cho phép các dung dịch di chuyển theo 1 hướng cố định.

Bơm khí có nhiệm vụ giúp các chất dinh dưỡng hòa tan nhanh hơn vào dung dịch.

Dung dịch chất dinh dưỡng sẽ được bơm lên bồn chúa C2 bởi bơm nước chìm để nuôi dưỡng cây.

Các công tắc phao có nhiệm vụ kiểm soát mực nước của hai bồn chúa.

Các van điện tử sẽ được điều khiển để tạo sự lưu thông cho dung dịch dinh dưỡng theo lập trình.

Giàn xoay chứa các chậu cây chuyển động xoay nhờ motor truyền động qua bộ truyền đai răng.

3.2. Lựa chọn động cơ

Hệ thống giàn xoay bao gồm 6 thanh đựng các chậu cây, gọi tắt là thanh xoay. Do khối lượng của cây được trồng trên thanh xoay này thay đổi theo quá trình sinh trưởng, nên ta lấy khối lượng lớn nhất (khi cây trưởng thành) của thanh xoay để tính toán.



Hình 3.3 Cân nặng của 1 rọ sờ dừa khi cây còn chưa phát triển.



Hình 3.4 Cân nặng của 1 thanh đỡ rọ thủy canh.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

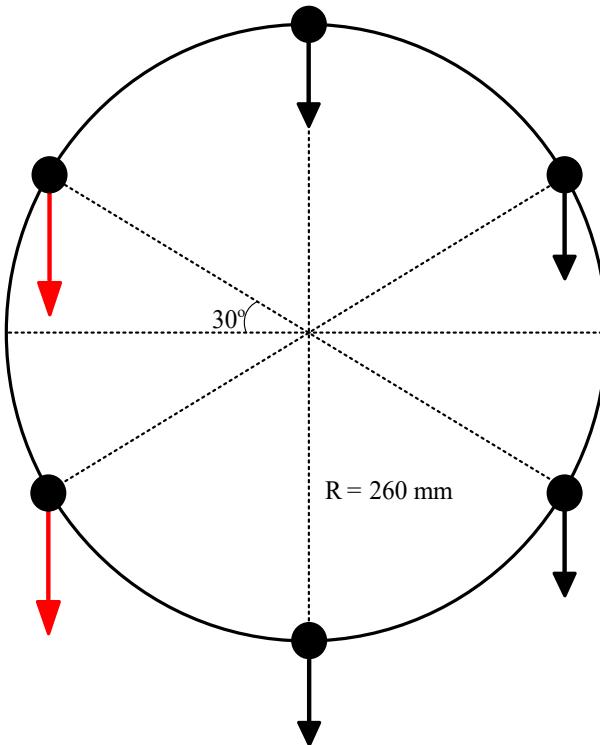
Với một thanh có bốn ô, cùng với đó khi rau trưởng thành, ước lượng cân nặng của rau ở mỗi ô thu hoạch được vào khoảng 0.5 kg . Do đó, khối lượng tổng của một thanh xoay khi các cây trưởng thành sẽ vào khoảng $M = 4 \text{ kg}$.

3.2.1. Moment xoắn của hệ

Để tính toán lựa chọn động cơ, trước hết ta quan tâm tới yếu tố gây cản trở chuyển động xoay. Trong một số trường hợp, có thể xảy ra hiện tượng tải trọng của các thanh xoay này không đều nhau, gây ra moment xoắn lên giàn xoay.

Xét một số trường hợp đặc biệt bị lệch tải sang một bên, mỗi thanh xoay nặng hơn 15% so với các thanh xoay còn lại để chọn động cơ.

Trường hợp 1: Lệch tải 15% hai thanh xoay một bên.



Hình 3.5 Tải trọng lệch 15% 2 chậu một bên.

$$T_{load} = [2 \times (15\% \times M \times g) \times (R \times \cos 30^\circ)] \times \frac{1}{\eta} \quad [3.1]$$

Trong đó: η là hiệu suất bộ truyền đai răng, $\eta = 95 \dots 98\%$, chọn $\eta = 95\%$. [33]

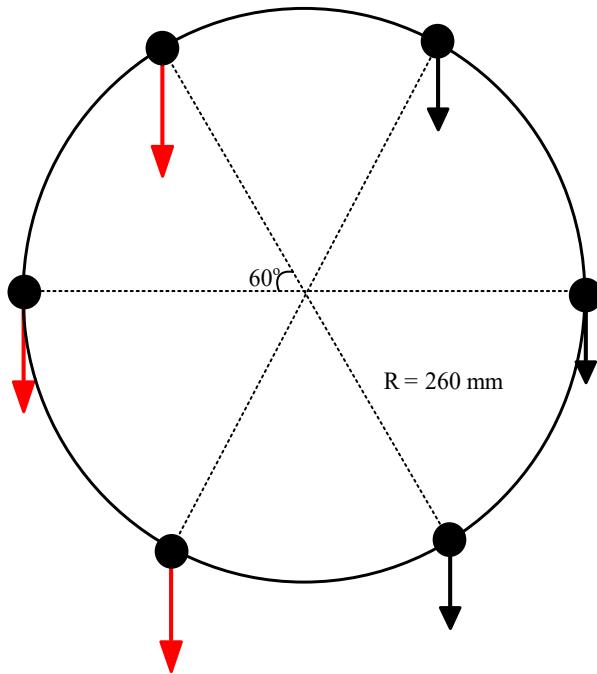
M là khối lượng của thanh xoay (kg).

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

g là gia tốc trọng trường (m/s^2).

$$T_{load} = 2 \times (0.15 \times 4 \times 9.81) \times \left(0.26 \times \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \times \frac{1}{0.95} \approx 2.79 (N \times m)$$

Trường hợp 2: Lệch tải 15% ba thanh một bên



Hình 3.6 Tải trọng lệch 15% ba chậu một bên.

$$\begin{aligned} T_{load} &= [2 \times (15\% \times M \times g) \times (R \times \cos 60^\circ) + (15\% \times M \times g) \times R] \times \frac{1}{\eta} \quad [3.2] \\ &= [2 \times (0.15 \times 4 \times 9.81) \times \left(0.26 \times \frac{1}{2}\right) + (0.15 \times 4 \times 9.81) \times 0.26] \times \frac{1}{0.95} \\ &\approx 3.22 (N \times m) \end{aligned}$$

3.2.2. Moment xoắn gia tốc của hệ

Ta có công thức:

$$T_a = \frac{J_0 \times i^2 + J_L}{9.55} \times \frac{N_M}{t_1}$$

trong đó,

J_0 là moment quán tính của rotor ($kg \times m^2$) do quán tính động cơ rất nhỏ nên có thể bỏ qua.

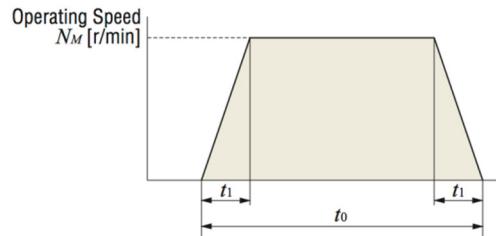
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

J_L là moment quán tính tải ($kg \times m^2$)

N_M là tốc độ quay ($vòng/phút$). $N_M = 15$ ($vòng/phút$).

t_1 là thời gian tăng tốc (hoặc giảm tốc) (s). $t_1 = 3$ (s)

i là tỉ lệ bánh răng



Hình 3.7 Biểu đồ liên hệ tốc độ quay và thời gian. [33]

Ta có công thức tính moment quán tính của tải:

$$J_L = 6(MR^2) \quad [3.3]$$

$$J_L = 6(4 \times 0.26^2) \approx 1.62 \text{ } (kg \times m^2)$$

Từ đây, ta tính được moment quán tính của hệ

$$T_a = \frac{0 + 1.62}{9.55} \times \frac{15}{3} \approx 0.85 \text{ } (N \times m)$$

3.2.3. Moment cần thiết của động cơ

$$T_M = (T_L + T_a) \times S_f \quad [3.4]$$

trong đó,

T_M là moment động cơ cần thiết ($N \times m$)

T_L là moment tải ($N \times m$)

T_a là moment quán tính ($N \times m$)

S_f là hệ số an toàn, chọn $S_f = 1.4$

$$T_M = (3.22 + 0.85) \times 1.4 \approx 5.70 \text{ } (N \times m) = 57 \text{ } (Kgf \times cm)$$

Ta có công suất động cơ [34]:

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

$$P = \frac{T_M \times N_M}{9.55 \times 10^3} \quad [3.5]$$

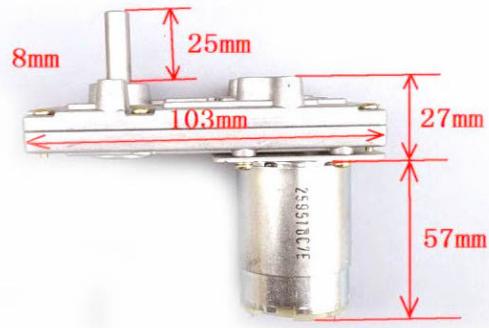
trong đó,

T_M là momen cần thiết của động cơ. $T_M = 5.7$ ($N \times m$)

N_M là tốc độ quay. $N_M = 15$ ($vòng/phút$)

$$P = \frac{5.7 \times 15}{9.55 \times 10^3} \approx 8.95 (W)$$

Dựa vào Moment cần thiết của động cơ $T_M = 5.7$ ($N \times m$) và công suất động cơ chọn động cơ giảm tốc Takanawa DS400.110/S555S [35]



Hình 3.8 Kích thước động cơ DC DS400.110/S555S. [35]



Hình 3.9 Động cơ DC DS400.110/S555S. [35]

Thông số động cơ:

- Điện áp hoạt động: 12~24 VDC.
- Tốc độ: 10~80 vòng/phút.
- Tải trọng: 20 ($Kgf \times cm$).
- Công suất: 10 W.

→ Cần sử dụng bộ truyền đai răng tỉ số truyền $u = 3$ để đáp ứng đủ moment cần thiết.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.3. Tính toán bộ truyền

Đối với ứng dụng của đề tài, chọn sử dụng bộ truyền đai răng là hợp lý bởi các yếu tố như đơn giản, tiết kiệm chi phí, không cần trực song song, ... Ngoài ra, do truyền lực bằng ăn khớp, truyền động đai răng có những ưu điểm: Không có trượt, tỉ số truyền lớn ($u \leq 12$, *đôi khi* $u < 20$), hiệu suất cao, không cần lực căng ban đầu lớn, lực tác dụng lên trực và lên ổ nhỏ [36].

Tỉ số truyền:

$$u = n_1/n_2 = z_2/z_1 \quad [3.6]$$

Xác định modul và chiều rộng đai:

$$m = 35 \times \sqrt[3]{\frac{P_1}{n_1}} \quad [3.7]$$

trong đó,

P_1 – công suất trên bánh đai chủ động (kW).

n_1 – số vòng quay của bánh đai chủ động ($vòng/phút$).

$$m = 35 \times \sqrt[3]{\frac{8.95 \times 10^{-3}}{15}} \approx 2.95 \text{ (mm)}$$

Chọn $m = 3 \text{ mm}$, theo bảng 4.27/68 [36].

Chọn chiều rộng đai $b = 12.5 \text{ mm}$, theo dãy tiêu chuẩn bảng 4.28/69 [36].

3.3.1. Xác định thông số bộ truyền

Số răng z_1 của bánh đai nhỏ được chọn theo bảng 4.29 /70 [31]. Chọn $z_1 = 12$.

Số răng z_2 của bánh đai to được xác định theo công thức:

$$z_2 = u z_1 = 3 \times 12 = 36 \quad [3.8]$$

Khoảng cách trực a:

$$a_{min} \leq a \leq a_{max} \quad [3.9]$$

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Với: $a_{min} = 0.5m(z_1 + z_2) + 2m = 0.5 \times 3 \times (12 + 36) + 2 \times 3 = 78 \text{ (mm)}$

$$a_{max} = 2m \times (z_1 + z_2) = 2 \times 3 \times (12 + 36) = 288 \text{ (mm)}$$

Chọn $a = 220 \text{ mm.}$

Số răng đai z_d :

$$z_d = \frac{2a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{(z_2 - z_1)^2 p}{40a} \quad [3.10]$$

$$z_d = \frac{2 \times 220}{9.42} + \frac{12 + 36}{2} + \frac{(36 - 12)^2 \times 9.42}{40 \times 220} \approx 71.33$$

với p – bước đai (mm). Tra bảng 4.27/68 [36], $p = 9.42 \text{ mm.}$

Chọn $z_d = 71$ (làm tròn đến giá trị gần nhất) theo bảng 4.30/70 [36], cùng với module $m = 3 \text{ mm}$ tra được chiều dài đai $l_d = 668.8 \text{ mm.}$

Từ giá trị l_d vừa chọn, xác định lại khoảng cách trực:

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4} \quad [3.11]$$

trong đó:

$$\lambda = l_d - \frac{p(z_1 + z_2)}{2} = 668.8 - \frac{9.42(12 + 36)}{2} \approx 442.72 \quad [3.12]$$

$$\Delta = \frac{m(z_2 - z_1)}{2} = \frac{3(36 - 12)}{2} = 36 \quad [3.13]$$

Vậy:

$$a = \frac{442.72 + \sqrt{442.72^2 - 8 \times 36^2}}{4} \approx 218 \text{ (mm)}$$

Đường kính vòng chia các bánh đai:

$$d_1 = mz_1 = 3 \times 12 = 36 \text{ (mm)} \quad [3.14]$$

$$d_2 = mz_2 = 3 \times 36 = 108 \text{ (mm)} \quad [3.15]$$

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Đường kính ngoài của bánh đai:

$$d_{a_1} = mz_1 - 2\delta = 36 - 2 \times 0.6 = 34.8 \text{ (mm)} \quad [3.16]$$

$$d_{a_2} = mz_2 - 2\delta = 108 - 2 \times 0.6 = 106.8 \text{ (mm)} \quad [3.17]$$

trong đó δ – khoảng cách từ đáy răng đến đường trung bình của lớp chịu tải, chọn $\delta = 0.6 \text{ mm}$ dựa vào bảng 4.27/68 [36].

Số răng đồng thời ăn khớp trên bánh đai nhỏ:

$$z_0 = \frac{z_1 \alpha_1}{360^\circ} \quad [3.18]$$

trong đó α_1 – góc ôm trên bánh đai nhỏ,

$$\alpha_1 = 180^\circ - \left[\frac{m(z_2 - z_1)}{a} \right] 57.3^\circ = 180^\circ - \left[\frac{3(36 - 12)}{218} \right] 57.3^\circ = 161^\circ \quad [3.19]$$

Vậy:

$$z_0 = \frac{12 \times 161}{360} = 5.37$$

3.3.2. Kiểm nghiệm độ bền dây đai

Lực vòng được xác định từ công suất P_1 (kW) và vận tốc dài v (m/s) [36]:

$$F_t = \frac{1000 \cdot P_1}{v} \quad [3.20]$$

Tốc độ quay $n_1 = 15 \text{ vòng/phút}$.

Đổi vận tốc góc sang vận tốc dài:

$$v = 15 \times \frac{2\pi R}{60000} \approx 0.408 \text{ (m/s)}$$

Vậy:

$$F_t = \frac{1000 \times 8.95 \times 10^{-3}}{0.408} \approx 21.94 \text{ (N)}$$

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Lực vòng riêng trên đai phải thỏa mãn điều kiện [36]:

$$q = \frac{F_t K_d}{b} + q_m v^2 \leq [q] \quad [3.21]$$

trong đó:

$$F_t - \text{lực vòng (N). } F_t = 21.94 \text{ N.}$$

K_d – hệ số tải trọng động, tra bảng 4.7/55 [36]. Chọn $K_d = 1$.

v – vận tốc dài (m/s). $v = 0.408 \text{ m/s.}$

b – bề rộng dây đai, $b = 12.5 \text{ mm.}$

q_m – khối lượng 1 m đai có chiều rộng 1 mm. Tra bảng 4.31/71 [36]. Chọn $q_m = 0.004 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{mm}}$.

Vậy:

$$q = \frac{21.94}{12.5} + 0.004 \times 0.408^2 \approx 1.76 \text{ (N/mm)}$$

Tải trọng riêng cho phép $[p_t]$ được xác định theo công thức:

$$[q] = [q_0] C_Z C_u = 10 \times 0.8 \times 1 = 8 \text{ (N/mm)} \quad [3.22]$$

trong đó:

$[q_0]$ – lực vòng riêng cho phép. Tra bảng 4.31/71 [36], ứng với $m = 3$, $[q_0] = 10 \text{ N/mm.}$

C_Z – hệ số kể đến ảnh hưởng của số răng đồng thời ăn khớp. Với $z_0 = 5.37$ $C_Z = 0.8.$

C_u – hệ số kể đến ảnh hưởng của truyền động tăng tốc, khi $u > 1$ thì $C_u = 1.$

Do $q < [q] \rightarrow$ Dây đai bền.

3.4. Tính toán trực sơ bộ

Lực tác dụng lên trực (khi vận tốc không lớn $v < 20 \text{ m/s}$) [36]:

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

$$F_r = (1.0 \div 1.2)F_t = 1.2 \times 21.94 = 26.33 \text{ (N)} \quad [3.23]$$

Kích thước trụ sơ bộ được tính theo công thức:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0.2[\tau]}} \quad [3.24]$$

trong đó,

T – momen xoắn (Nmm). $T = T_L + T_a = 4070 \text{ Nmm}$.

$[\tau]$ – ứng suất xoắn cho phép (MPa). Với vật liệu là thép C45, $[\tau] = 30 \text{ MPa}$.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{4070}{0.2 \times 30}} = 8.79 \text{ (mm)}$$

3.5. Kiểm nghiệm và chọn gối đỡ

3.5.1. Gối đỡ trực truyền động

Tải trọng động đối với ổ bi đỡ: [36]

$$Q = (XVF_r + YF_a)k_t k_d = (1 \times 1 \times 26.33 + 0) \times 1 \times 1 = 26.33 \text{ (N)} \quad [3.25]$$

trong đó,

F_r – tải trọng hướng tâm (N)

F_a – tải trọng dọc trực (N)

V – hệ số kể đến vòng nào quay; khi vòng trong quay $V = 1$.

k_t – hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ, $k_t = 1$ khi nhiệt độ $\theta = 105^\circ C$.

k_d – hệ số kể đến đặc tính tải trọng, chọn $k_d = 1$ ứng với tải trọng tĩnh, không va đập.

X – hệ số tải trọng hướng tâm, chọn $X = 1$ (tra bảng 11.4/215 [31])

Y – hệ số tải trọng dọc trực.

Tuổi thọ của ổ: [36]

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} \text{ (giờ)} \quad [3.26]$$

trong đó:

L_h thời hạn (giờ) khi chịu tải trọng. Cho $L_h = 200000$ (giờ).

L là tuổi thọ tính bằng triệu vòng quay.

n là số vòng quay. $n = 15$ (vòng/phút).

$$L = \frac{L_h \times 60n}{10^6} = 180 \text{ (triệu vòng)}$$

Khả năng tải động của ống lăn, nhằm để phòng tróc rỗ các bề mặt làm việc:

$$C_d = Q \sqrt[m]{L} = (41.58 \times 10^{-3}) \times \sqrt[3]{180} = 0.23 \text{ (kN)} \quad [3.27]$$

trong đó:

Q là tải trọng động quy ước (kN).

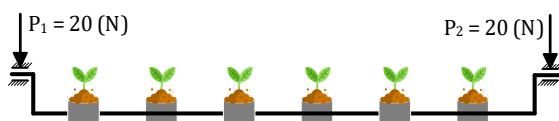
L là tuổi thọ tính bằng triệu vòng quay.

M là bậc của đường cong mỏi khi thử về ống lăn, chọn $m = 3$ đối với ống bi.

Dựa vào bảng P2.7/254 Ống bi đỡ một dây, Phần phụ lục [36], loại ống nhỏ nhất ứng với $C = 2.10 \text{ kN} > C_d$ nên ta có thể chọn bất kỳ trực nào với $d > 9 \text{ mm}$.

3.5.2. Ống lăn thanh đỡ rọ thủy canh

Để các rọ thủy canh luôn hướng lên trên trong quá trình xoay thì tại hai đầu của thanh đỡ cần được gắn ống lăn. Tải trọng tác dụng lên ống lăn sẽ là khối lượng của thanh đỡ và các rọ thủy canh, $M = 4 \text{ kg}$. Tải trọng này là tải trọng tĩnh.



Hình 3.10 Tải trọng tác dụng lên ống lăn thanh đỡ.

Kiểm tra khả năng tải tĩnh của ống lăn theo công thức sau:

$$Q_t < C_0 \quad [3.28]$$

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

với Q_t là giá trị lớn nhất trong hai giá trị sau:

$$Q_t = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad [3.29]$$

$$Q_t = F_r \quad [3.30]$$

trong đó,

X_0, Y_0 – hệ số tải trọng hướng tâm và hệ số tải trọng dọc trực. Tra bảng 11.6/221 [36], với loại ổ là ổ bi đỡ: $X_0 = 0.6, Y_0 = 0.5$.

F_r – tải trọng hướng tâm (N). $F_r = P_1 = 20$ (N).

F_a – tải trọng dọc trực (N). $F_a = 0$ (N).

Do đó,

$$Q_t = F_r = 20$$
 (N)

Chọn sử dụng loại ổ bi đỡ 1 dãy số hiệu 688ZZ của hãng NSK (tải trọng tĩnh $C_0 = 710$ (N)). Vì $Q_t < C_0$ nên ổ bị được chọn thỏa điều kiện.

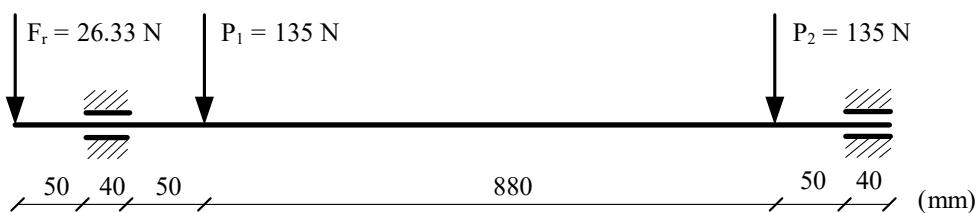
3.6. Mô phỏng kiểm tra bền

Để kiểm tra độ bền của chi tiết trực được thiết kế, công cụ Simulation của phần mềm Solidworks.

3.6.1. Kiểm tra trực truyền động trung tâm

Ta có, mô đun đàn hồi của thép: $[\mu] = 21 \times 10^{11}$ (N/m^2).

Tải trọng mà trực truyền động phải chịu phân bố như sau:



Hình 3.11 Tải trọng tác dụng phân bố lên trực truyền động.

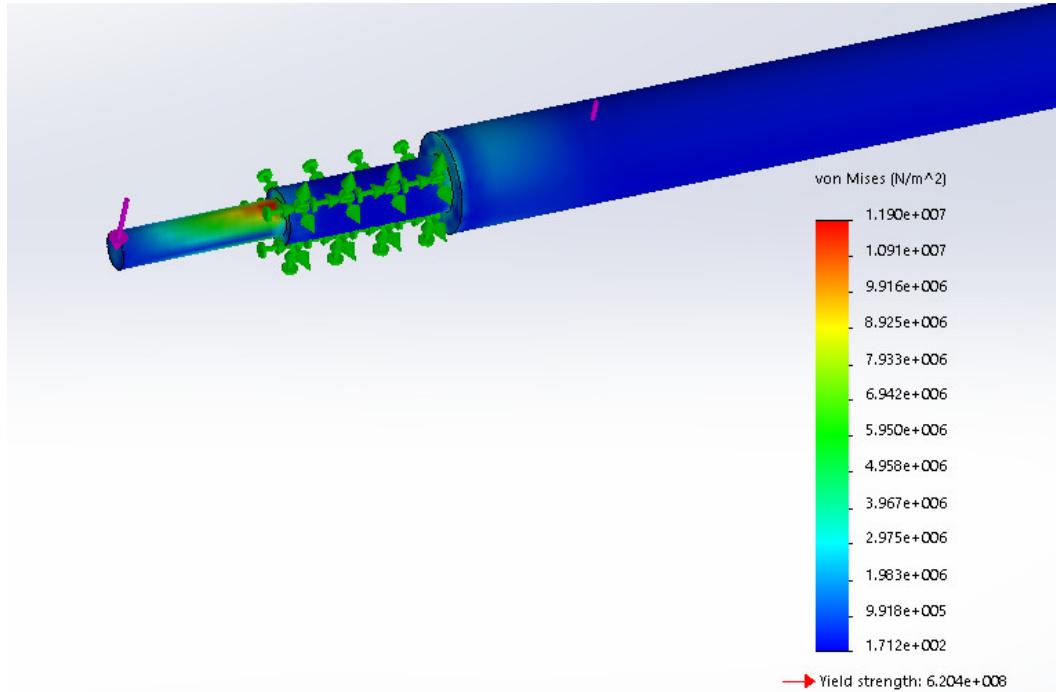
trong đó,

F_r là tải trọng hướng tâm do bánh đai lớn tác dụng lên trực.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

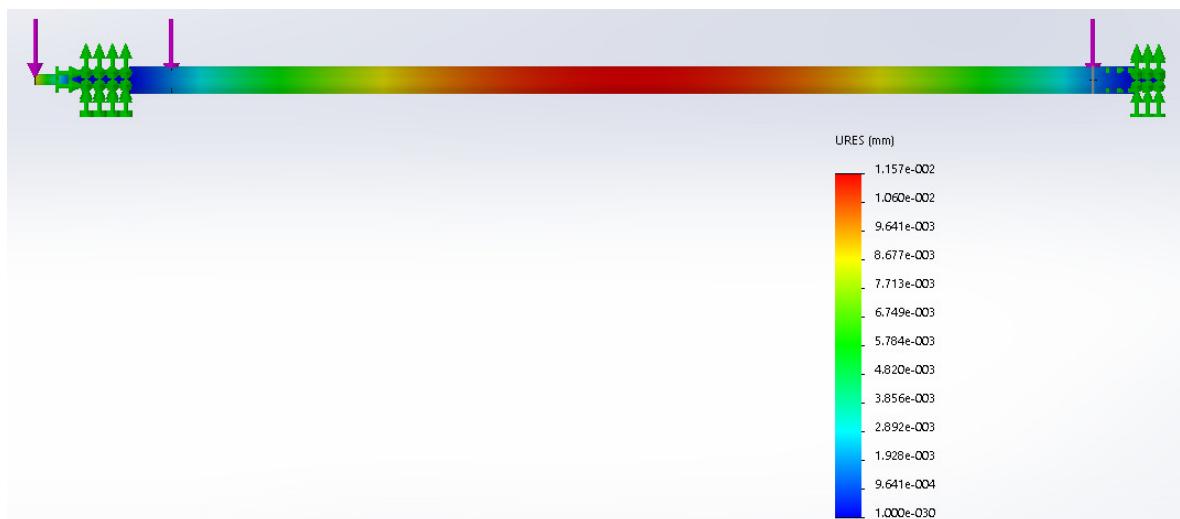
P_1 và P_2 là tải trọng tạo ra bởi khối lượng của giàn xoay tác động lên trực. (Giả sử, gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ mm/s}^2$).

Sau khi mô phỏng bằng công cụ Simulation của Solidworks, kết quả thu được:



Hình 3.12 Mô phỏng ứng suất tác động lên trực.

Tại vị trí có ứng suất lớn nhất trực phải chịu $\mu_1 = 1.19 \times 10^7 \text{ (N/m}^2\text{)} \leq [\mu]$. Do đó, trực được thiết kế bền với tải trọng đề ra.



Hình 3.13 Mô phỏng dịch chuyển khi chịu tải của trực.

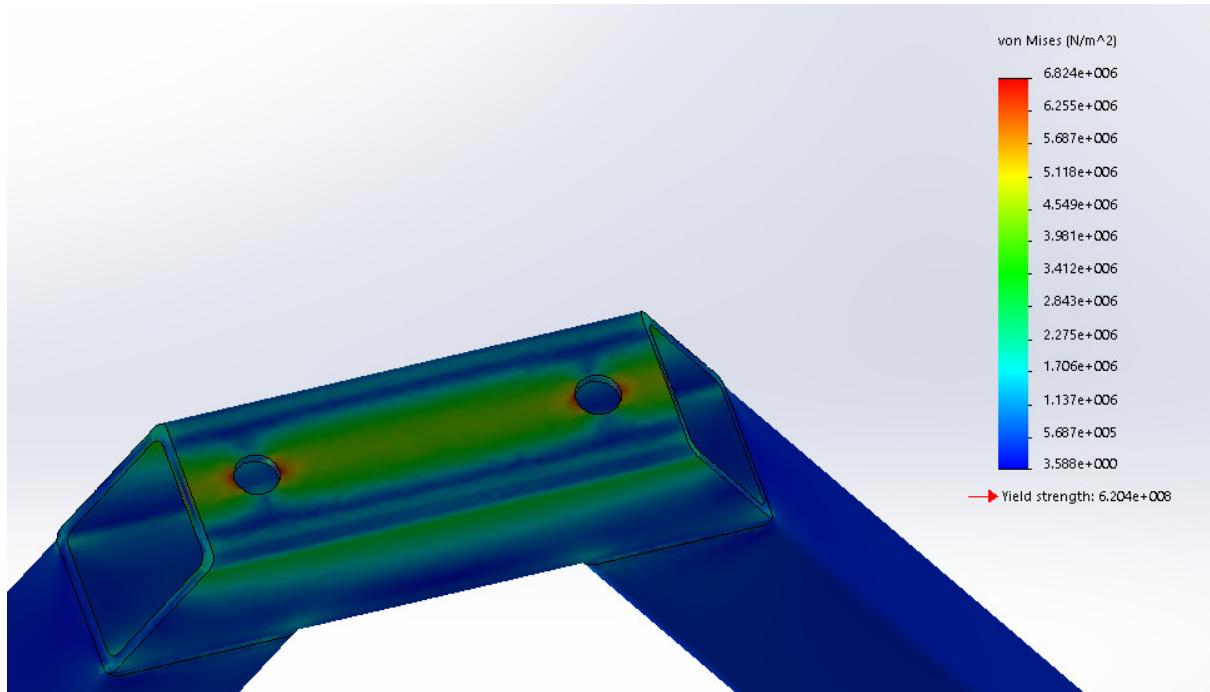
Dịch chuyển lớn nhất của trực tại vị trí giữa trực chỉ vào khoảng $1.157 \times 10^{-2} \text{ mm}$, con số này là rất nhỏ.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.6.2. Kiểm tra gá đỡ chữ A

Ta có, mô đun đàn hồi của thép: $[\mu] = 21 \times 10^{11}$ (N/m²).

Tải trọng tác dụng lên gá đỡ chữ A là khối lượng của toàn bộ giàn xoay và trực. Khối lượng này đo được là: $M_{giàn xoay} = 29(kg)$. Đó đó, tải trọng tác dụng lên mỗi gá đỡ A sẽ là: $P = 145 N$. (Giả sử, gia tốc trọng trường $g = 10 mm/s^2$). Sau khi mô phỏng bằng công cụ Simulation của Solidworks, kết quả thu được:



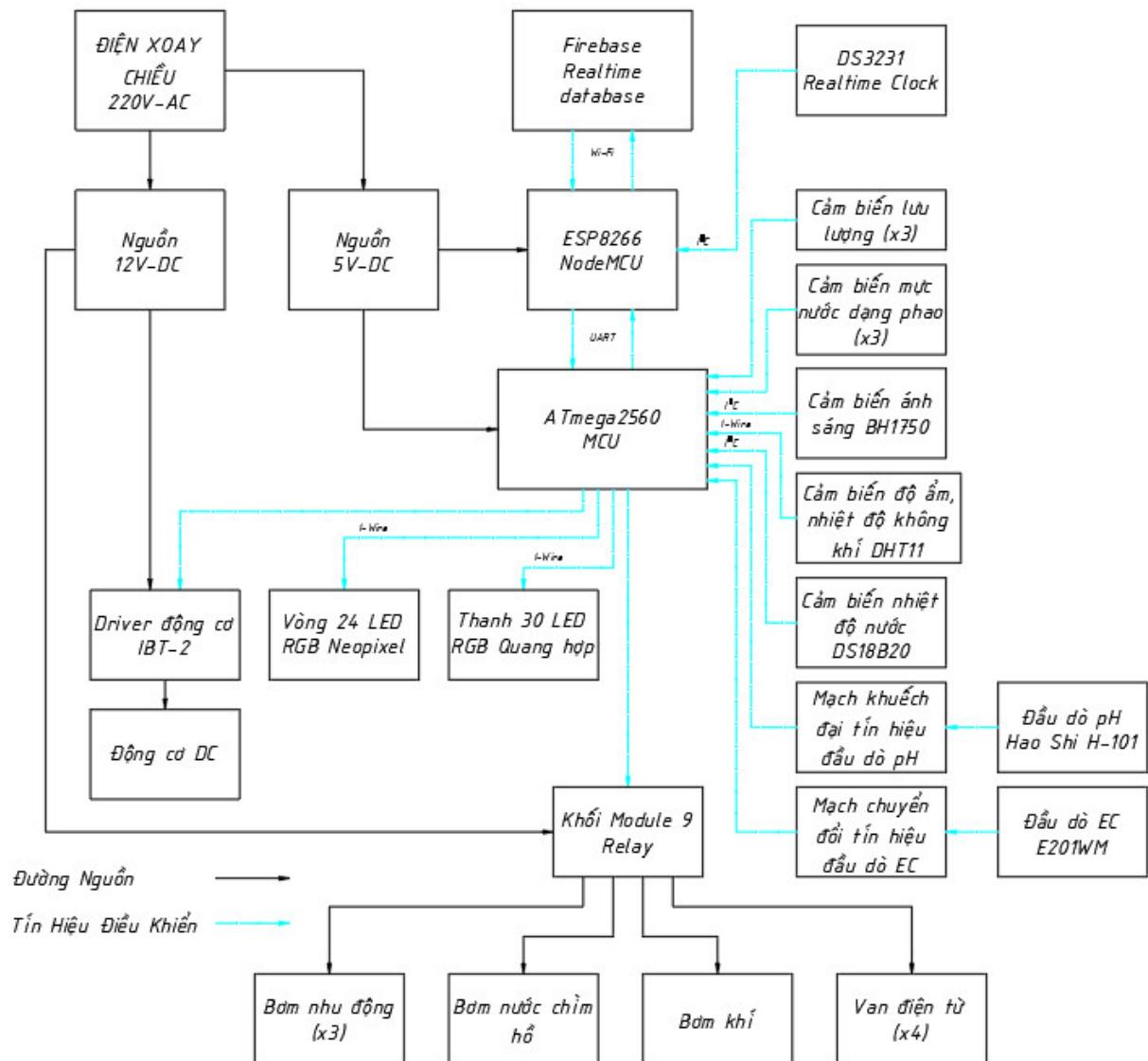
Hình 3.14 Mô phỏng ứng suất tác động lên gá đỡ A.

Tại vị trí có ứng suất lớn nhất trực phải chịu $\mu_1 = 6.824 \times 10^6$ (N/m²) $\leq [\mu]$. Do đó, gá đỡ A bền với tải trọng đề ra.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

4.1. Sơ đồ điện



Hình 4.1 Sơ đồ khái niệm kết nối mạch điện.

ATmega2560 đóng vai trò là vi điều khiển trung tâm, thực hiện các lệnh điều khiển, xử lý thông tin từ cảm biến. Trong khi đó, ATmega2560 giao tiếp với ESP8266 NodeMCU qua UART, NodeMCU có nhiệm vụ lấy và gửi thông tin từ trung tâm dữ liệu trực tuyến thông qua kết nối Wi-Fi. Cùng với đó, NodeMCU sẽ nhận lệnh điều khiển từ trung tâm dữ liệu để gửi tới ATmega2560.

Các cảm biến gửi thông số đo về ATmega2560, sau đó các thông số này được gửi qua NodeMCU để đưa các thông số này lưu trữ trên trung tâm dữ liệu trực tuyến.

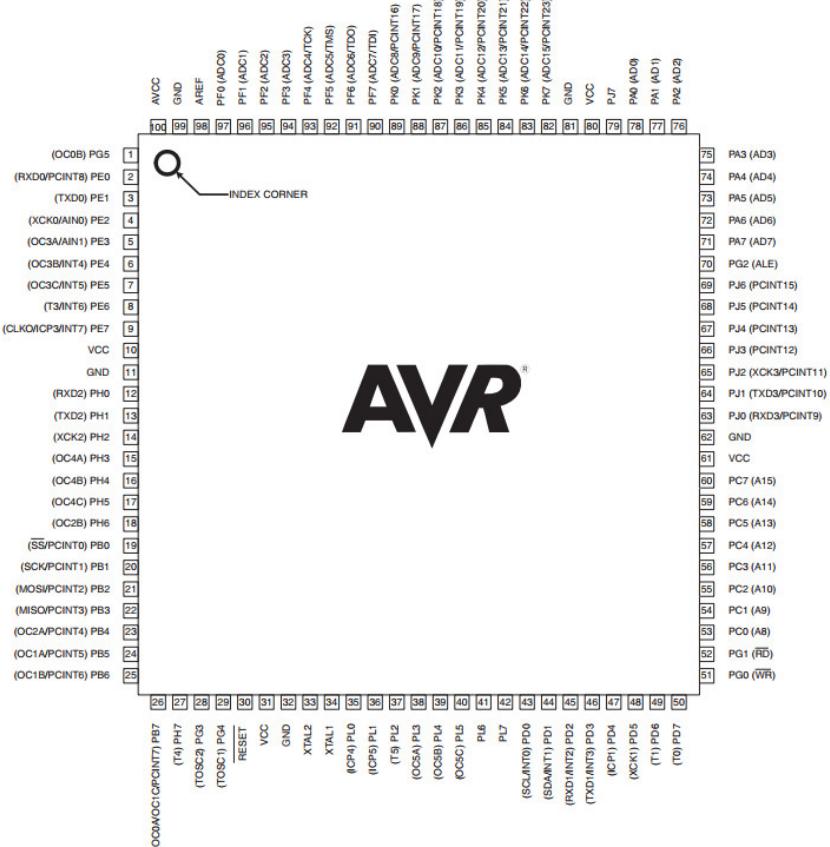
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Khối module Relay dùng để kích điều khiển van điện từ và các loại bơm hoạt động. Động cơ DC được điều khiển bởi Driver IBT-2. Thanh LED thủy canh sẽ bật khi nhận thấy cường độ ánh sáng không đủ sáng bởi cảm biến cường độ ánh sáng. Vòng LED có tác dụng trang trí cho hệ thống thêm phần đẹp mắt với các hiệu ứng thay đổi theo tốc độ quay của giàn xoay.

4.2. Vi điều khiển

4.2.1. Vi điều khiển thực thi lệnh

Vi điều khiển được chọn để thực thi lệnh điều khiển các thiết bị là vi điều khiển 8-bit AVR ATmega2560 của hãng Atmel. Với ưu điểm là tốc độ xử lý nhanh, hỗ trợ nhiều chuẩn giao tiếp và nhiều chân I/O (86 chân), thuận lợi cho việc mở rộng sử dụng thêm các thiết bị về sau.



Hình 4.2 Sơ đồ chân chức năng của vi điều khiển ATmega2560. [37]

Thông số kỹ thuật: [37]

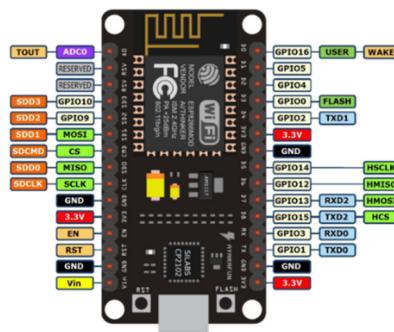
- Số chân I/O: 86.
- Tần số xung clock tối đa: 16 MHz.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

- Điện áp hoạt động 4.5~5.5 VDC.
- Các chuẩn giao tiếp hỗ trợ: USART, SPI, I²C.
- Tích hợp ADC 10-bit: 16 chân.
- Điện trở nội kéo lên: 50 KΩ.

4.2.2. Vi điều khiển kết nối Internet

Để hệ thống có thể kết nối với Internet cũng như xử lý dữ liệu, thông tin và lệnh điều khiển từ trung tâm dữ liệu thì ta cần sử dụng thêm Module NodeMCU với vi điều khiển ESP8266 của hãng Espressif, Trung Quốc.



Hình 4.3 Sơ đồ chân chức năng của module NodeMCU. [38]

Thông số kỹ thuật: [38]

- Chuẩn kết nối Wifi 802.11 b/g/n.
- Tần số Wifi 2.4 GHz, hỗ trợ WPA/WPA2.
- Điện áp hoạt động 3.3 V.
- Giao tiếp nối tiếp UART với tốc độ Baud lên đến 115200.

4.3. Cảm biến

4.3.1. Cảm biến nhiệt độ dung dịch

Nhiệt độ của dung dịch có ảnh hưởng quan trọng đến quá trình sinh trưởng của cây, ngoài ra, nhiệt độ còn làm thay đổi giá trị đọc được của chỉ số EC từ đầu đo. Do đó, cảm biến nhiệt độ dung dịch sẽ còn có vai trò cung cấp dữ liệu để cảm biến EC có thể bù giá trị bị thay đổi bởi sự thay đổi nhiệt độ.

Cảm biến được chọn là loại cảm biến sử dụng chip DS18B20 [39]. Chip DS18B20 được thiết kế hàn vào trong một ống kim loại chống rỉ đường kính 6 mm, dài 35 mm để có thể chống nước.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN



Hình 4.4 Cảm biến nhiệt độ DS18B20 loại chống nước. [40]

Thông số kỹ thuật: [40]

- Kích thước: Dài 900 mm – Đường kính dây: 4 mm.
- Điện áp hoạt động: 3 ~ 5.5 VDC.
- Độ chính xác: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
- Nhiệt độ hoạt động: $-55 \sim 125^{\circ}\text{C}$.
- Giao tiếp với vi điều khiển: Chuẩn giao tiếp 1-Wire, mức điện áp logic TTL.

4.3.2. Cảm biến EC

a. Giới thiệu cảm biến được sử dụng

Đầu dò EC được thiết kế bao gồm 2 thanh kim loại đóng vai trò hai điện cực. Hai điện cực này sẽ phát ra tín hiệu sóng hình sin vào môi trường dung dịch, từ đó đo được độ dẫn điện của dung dịch dinh dưỡng. Lý do sử dụng tín hiệu sóng sin mà không dùng DC là do để tránh hiện tượng phân cực xảy ra giữa hai điện cực, dẫn tới giá trị đọc về sau sẽ bị sai khác đi rất nhiều.

Do ứng dụng yêu cầu ngâm đầu dò EC trong nước và lấy dữ liệu liên tục. Do đó, đầu dò được chọn là loại đầu dò EC theo chuẩn công nghiệp, E201WM Conductivity của hãng ShowRange, Trung Quốc.



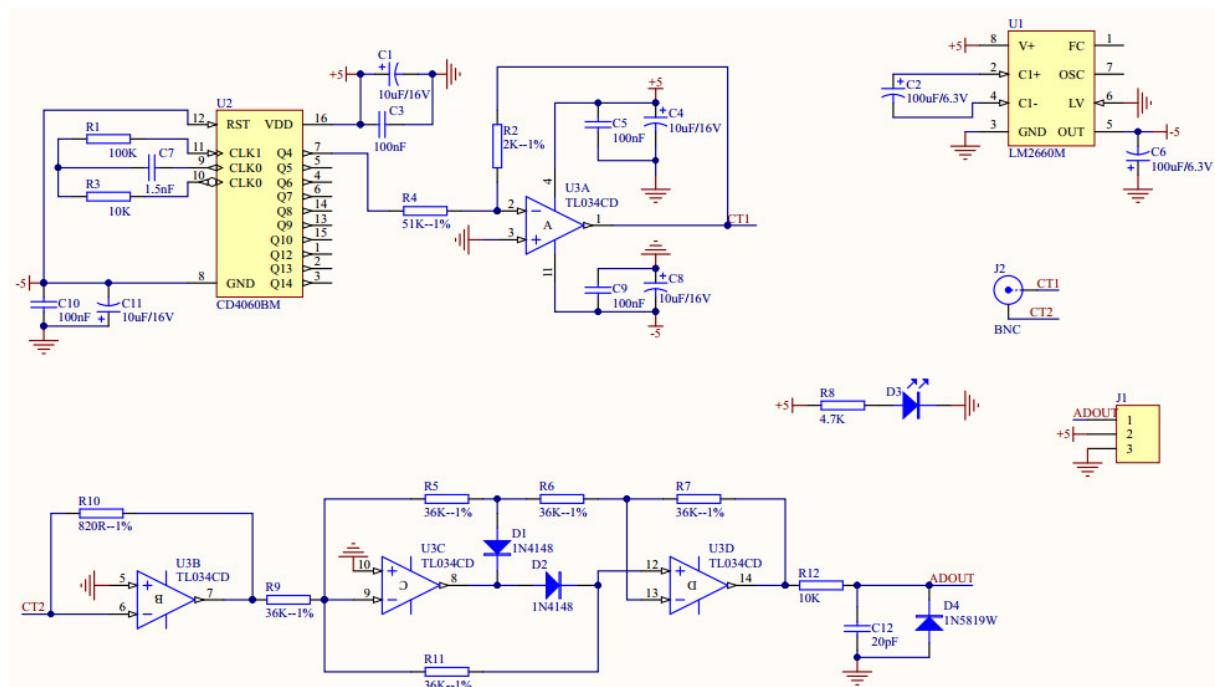
Hình 4.5 Đầu dò EC chuẩn công nghiệp E201WM [41]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Thông số kỹ thuật: [41]

- Kích thước: Đường kính: 14 mm, Chiều dài: 85 mm.
- Khoảng đo: 0 ~ 19.99 mS/cm.
- Độ phân giải: 0.1 mS.
- Độ chính xác: $\pm 1.5 \%$.
- Chuẩn kết nối: BNC
- Nhiệt độ hoạt động: 0 ~ 50°C.
- Hệ số K = 1. Thích hợp với các dụng dịch thường.

Để có thể có được nguồn tín hiệu hình sin phục vụ cho việc hoạt động của cảm biến, cần có một mạch chuyển đổi tín hiệu DC của vi điều khiển sang tín hiệu hình sin. Mạch này bao gồm IC Oscillator CD4060BM kết hợp với Opamp TL034CD và IC điều áp LM2660M. Mạch được gia công bởi hãng DFRobot.



Hình 4.6 Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi tín hiệu và đọc giá trị EC. [42]



Hình 4.7 Mạch chuyển đổi tín hiệu và đọc giá trị EC. [43]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Thông số kỹ thuật mạch: [42]

- Điện áp hoạt động: 5 VDC.
- Kích thước: 45 mm × 32 mm.
- Chuẩn kết nối: BNC.
- Giao tiếp với vi điều khiển: Tín hiệu analog.

b. Nguyên lý đo

Tùy sơ đồ mạch điện, cụm mạch khuếch đại đảo U3B có dạng hàm truyền là:

$$V_0 = \frac{R_{10}}{R} V_i \quad [4.1]$$

trong đó,

R₁₀ là điện trở phản hồi (feedback resistance) và có giá trị là 820 Ω.

R là giá trị điện trở khi điện cực được đặt vào dung dịch dinh dưỡng. Giá trị này có liên quan đến độ dẫn điện EC mà ta cần đo.

$\frac{R_{10}}{R}$ được gọi là hệ số khuếch đại. Khi R thay đổi, hệ số này cũng thay đổi, làm cho V₀ thay đổi.

Phía bên phải mạch khuếch đại đảo U3B, ta có một mạch đệm U3C với hàm truyền $V_0 = |v_i|$. Vi điều khiển sẽ lấy mẫu từ tín hiệu đầu ra của mạch đệm này để tính toán ra độ dẫn điện.

Ta có công thức điện trở:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad [4.2]$$

trong đó,

ρ là điện trở suất.

L là chiều dài của thành phần điện trở.

A là tiết diện mặt cắt của điện trở.

Ngoài ra, ta có khái niệm hệ số dẫn κ là nghịch đảo của điện trở suất ρ :

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{A} \quad [4.3]$$

trong đó,

$\frac{1}{R}$ được gọi là độ dẫn, ký hiệu là G.

$\frac{L}{A}$ được gọi là hằng số vật chứa, ký hiệu Q.

Hàm truyền của mạch đo có dạng:

$$V_{out} = \frac{R10}{R} \cdot |V_{in}| \quad [4.4]$$

Từ đây, ta có công thức:

$$\kappa = \frac{Q}{R10 \cdot |V_{in}|} \cdot V_{out} \quad [4.5]$$

Hằng số Q sẽ thay đổi tùy vào mỗi loại đầu dò. R10 có giá trị là 820Ω . $|V_{in}|$ cũng là hằng số dựa vào mạch phát tín hiệu. Giá trị này vào khoảng $200 mV$. Từ đó, ta thấy được độ dẫn điện là một hàm tuyến tính với điện áp đầu ra.

c. Ca-líp cảm biến EC

Để có thể ca-líp cảm biến EC thì trước hết cần chuẩn bị hai loại dung dịch EC chuẩn. Ở đây hai loại được chọn lần lượt có giá trị $12.88 mS/cm$ và $1.413 mS/cm$.



Hình 4.8 Dung dịch EC chuẩn. [42]

Quá trình ca-líp đầu dò EC theo trình tự sau:

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Bước 1: Rửa sạch đầu dò bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

Bước 2: Đưa dung dịch chuẩn về nhiệt độ phòng (25°C).

Bước 3: Đặt đầu dò vào dung dịch thứ nhất (1.413 mS/cm). Từ vi điều khiển, đọc được giá trị điện áp trung bình, coi như là V_1 . Có được điểm 1 $(X_1, Y_1) = (V_1, 14.13)$.

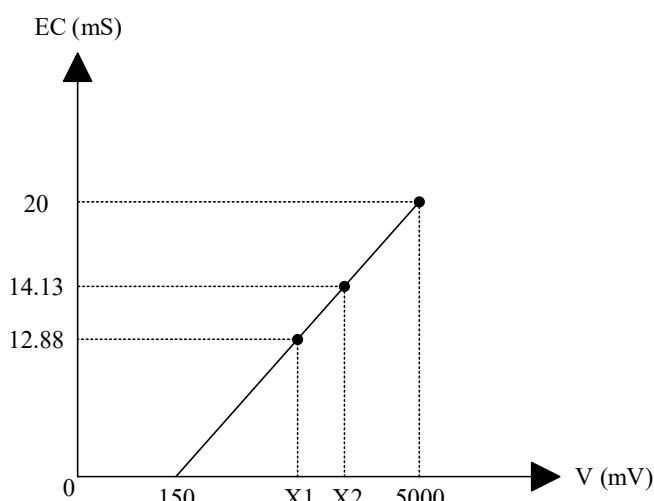
Bước 4: Lấy đầu dò ra, rửa sạch bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

Bước 5: Đặt đầu dò vào dung dịch thứ hai (12.88 mS/cm). Từ vi điều khiển, đọc được giá trị điện áp trung bình, coi như là V_2 . Có được điểm 2 $(X_2, Y_2) = (V_2, 12.88)$.

Bước 6: Lấy đầu dò ra, rửa sạch bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

Bước 7: Với 2 điểm ta vừa đo được, thể hiện được chúng lên đồ thị dưới dạng một đường thẳng tuyến tính nhưng có thể bị trôi khỏi gốc tọa độ (Hình 4.9).

Bước 8: Từ đó, ta tính được độ trôi cũng như hệ số nghiêng của đường tuyến tính và suy ra được công thức đã được ca-líp.



Hình 4.9 Dạng đồ thị mô tả quan hệ giữa giá trị analog đọc được và độ dẫn điện EC.

d. Tính toán bù nhiệt

Như đã đề cập ở phần trên, chỉ số EC được đo theo nhiệt độ chuẩn 25°C . Sự thay đổi của nhiệt độ môi trường dung dịch làm thay đổi chỉ số EC đo được trong dung dịch đó. Do đó, giá trị đo cảm biến trả về cần phải được tính toán lại qua một công thức bù nhiệt để đảm bảo tính chính xác của kết quả đo.

Công thức tính toán bù nhiệt chỉ số EC trong dung dịch có dạng: [44]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + \alpha(t - 25)} \quad [4.6]$$

trong đó,

C_{25} là chỉ số EC tính được ở nhiệt độ chuẩn 25°C .

C_t là chỉ số EC cảm biến đo được tại nhiệt độ t .

α là hệ số nhiệt tuyến tính ($\alpha = 0 \sim 0.05$). Đối với môi trường dung định thủy canh ($5.5 < \text{pH} < 6.8$, tính acid) thì $\alpha = 0.02$.

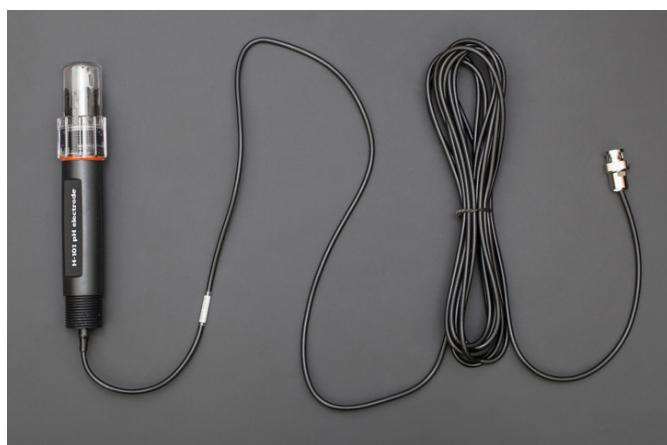
t là nhiệt độ dung dịch tại thời điểm đo. Giá trị nhiệt độ này được đo từ cảm biến nhiệt độ dung dịch DS18B20 nêu ở phần trên.

4.3.3. Cảm biến pH

a. Giới thiệu cảm biến được sử dụng

Để tiện lợi trong việc đọc giá trị, cảm biến pH được sử dụng là loại cảm biến điện hóa (electrochemical) dùng một điện cực đo và một điện cực tham chiếu để phát hiện sự thay đổi trong giá trị pH.

Do ứng dụng cần ngâm đầu dò pH trong nước và lấy dữ liệu liên tục. Do đó, chọn đầu dò pH theo chuẩn công nghiệp, H-101 của hãng Hao Shi, Trung Quốc.



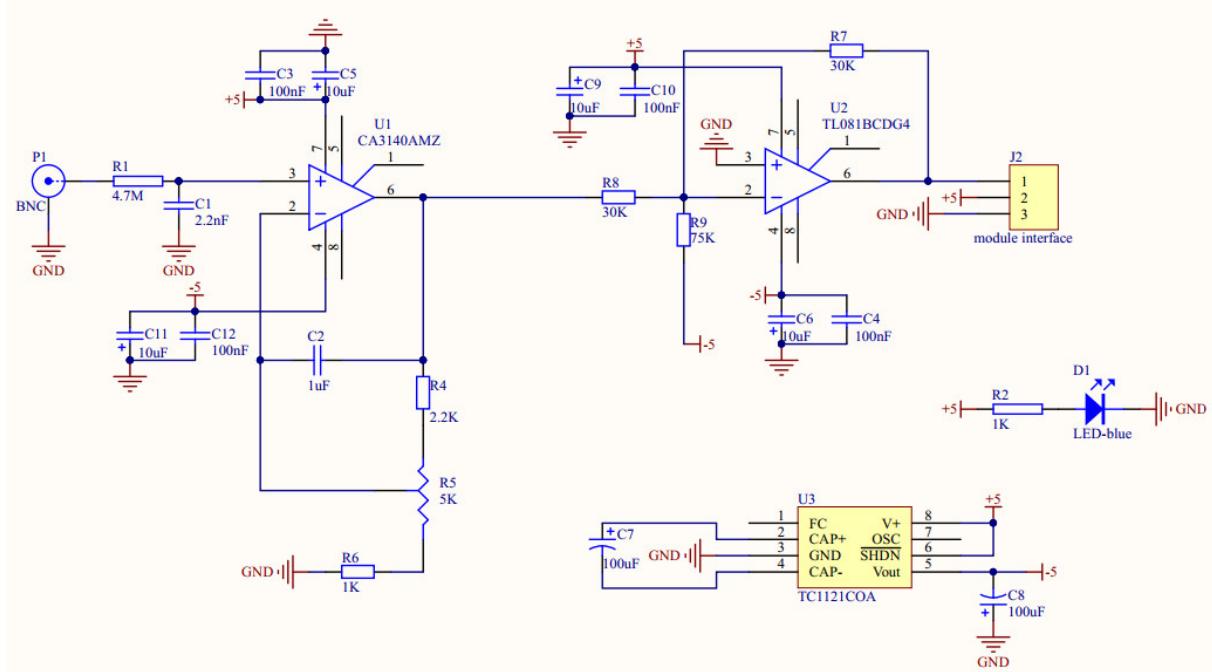
Hình 4.10 Đầu dò pH chuẩn công nghiệp H-101. [45]

Thông số kỹ thuật của đầu dò: [45]

- Chiều dài: 17.7 cm.
- Đường kính: 2.74 cm.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

- Chuẩn kết nối : BNC.
- Khoảng đo: 0 – 14 pH.
- Độ chính xác: ≤ 0.1 pH (tại 25 °C).
- Vùng nhiệt độ hoạt động phù hợp: 0 – 60°C.
- Thời gian đáp ứng: 10 s.



Hình 4.11 Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại tín hiệu đầu dò pH. [46]

Đầu dò pH loại này có tín hiệu điện áp đầu ra rất nhỏ (MCU hay VOM đều không đọc được). Vì vậy, cần có một mạch khuếch đại đi kèm. Mạch khuếch đại đi kèm được gia công bởi hãng DFRobot sử dụng hai Opamp CA3140AMZ và TL81BCDG4 và chip điều áp chuyển mạch TC1121COA. (Hình 4.12).



Hình 4.12 Mạch khuếch đại tín hiệu đầu dò pH sau khi gia công. [46]

Thông số kỹ thuật mạch khuếch đại:

- Điện áp hoạt động: 5 VDC.

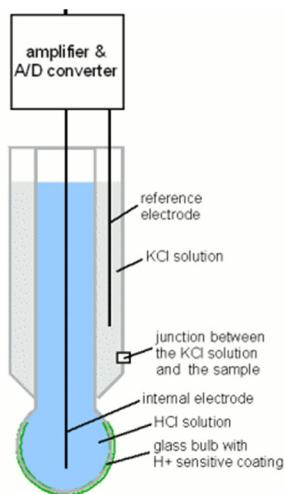
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

- Kích thước: $43\text{ mm} \times 32\text{ mm}$.
- Chuẩn kết nối với đầu dò: BNC.
- Giao tiếp với vi điều khiển: Tín hiệu analog.

Các loại đầu dò pH điện hóa cần được ca-líp trước và trong quá trình sử dụng định kỳ để cho ra được kết quả chính xác.

b. Cấu tạo và nguyên lý đo

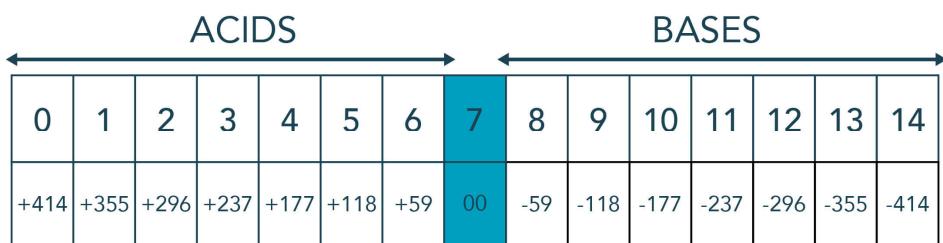
Đầu dò pH được cấu tạo gồm hai cực, một cực cảm biến, một cực tham chiếu.



Hình 4.13 Các bộ của đầu dò pH.

Đầu dò pH sẽ đo chênh lệch điện hóa thế (electrochemical potential) giữa một dung dịch đã biết bên trong điện cực thủy tinh (màng cầu) và một dung dịch chưa xác định bên ngoài. Do màng cầu thủy tinh mỏng chỉ cho phép các ion hydro nhỏ và nhanh tương tác với thủy tinh, nên điện cực thủy tinh sẽ đo được điện hóa thế của các ion hydro. Điện cực tham chiếu sẽ so sánh kết quả đo được của điện cực thủy tinh. [47]

Theo lý thuyết, mối tương quan giữa chỉ số pH và giá trị điện áp đọc được của đầu dò pH tuân theo giá trị chuẩn trong hình sau:



Hình 4.14 Mối quan hệ giữa chỉ số pH và giá trị điện áp đọc được của đầu dò. [47]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Sau đó, giá trị điện áp này đi qua mạch khuếch đại tín hiệu và được chuyển về khoảng 0 ~ 5 (VDC) để bộ ADC của vi điều khiển có thể đọc được.

Tuy nhiên, cũng giống như đầu dò EC, ngay cả với đầu dò mới sử dụng, các loại đầu đo pH cũng gặp phải các vấn đề như tồn tại độ trôi (offset), hệ số nghiêng (slope) bị lệch. Do đó, quá trình calíp là bắt buộc để thu được kết quả đo tốt.

c. Ca-líp cảm biến pH

Để có thể calíp cảm biến pH thì trước hết cần chuẩn bị hai loại dung dịch pH chuẩn.



Hình 4.15 Dung dịch pH chuẩn dùng cho việc calíp.

Đối với ứng dụng trồng rau thủy canh, giá trị pH sẽ được kiểm soát ở khoảng giá trị từ 5 đến 6.8. Do đó, khi calíp cảm biến pH, ta nên chọn hai loại dung dịch pH chuẩn là 4.01 và 7 để có kết quả đo chính xác hơn.

Quá trình calíp đầu dò pH theo trình tự sau: [48]

Bước 1: Rửa sạch đầu dò bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

Bước 2: Đưa dung dịch chuẩn về nhiệt độ phòng (25°C).

Bước 3: Đặt đầu dò vào dung dịch thứ nhất (pH 7). Từ vi điều khiển, đọc được giá trị điện áp trung bình, coi như là V1. Có được điểm 1 (X1, Y1) = (V1, 7).

Bước 4: Lấy đầu dò ra và rửa sạch bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

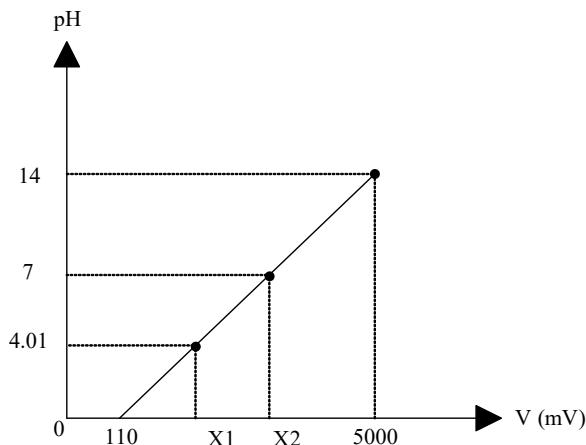
Bước 5: Đặt đầu dò vào dung dịch thứ hai (pH 4.01). Từ vi điều khiển, đọc được giá trị điện áp trung bình, coi như là V2. Có được điểm 2 (X2, Y2) = (V2, 4.01).

Bước 6: Lấy đầu dò ra và rửa sạch bằng nước cát và lau khô bằng khăn giấy.

Bước 7: Với 2 điểm ta vừa đo được, thể hiện được chúng lên đồ thị dưới dạng một đường thẳng tuy nhiên nhưng có thể bị trôi khỏi gốc tọa độ. (Hình 4.16)

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Bước 8: Từ đó, ta tính được độ trôi cũng như hệ số nghiêng của đường tuyến tính và suy ra được công thức đã được ca-líp.



Hình 4.16 Dạng đồ thị mô tả quan hệ giữa giá trị analog đọc được và chỉ số pH

d. Tính toán bù nhiệt

Tương tự như chỉ số EC, chỉ số pH được đo theo nhiệt độ chuẩn 25°C . Sự thay đổi của nhiệt độ môi trường dung dịch cũng làm thay đổi chỉ số pH đo được trong dung dịch đó. Tuy nhiên, qua thực tế đo đặc thì thấy được sự thay đổi nhiệt độ không làm thay đổi quá nhiều giá trị điện áp trả về như thể hiện ở Hình 4.17.

pH	mV (0°C)	mV (25°C)	mV (50°C)
0	379	414	449
1	325	355	385
2	271	296	321
3	217	237	256
4	163	177	192
5	108	118	128
6	54	59	64
7	0	0	0
8	-54	-59	-64
9	-108	-118	-128
10	-163	-177	-192
11	-217	-237	-256
12	-271	-296	-321
13	-325	-355	-385
14	-379	-414	-449

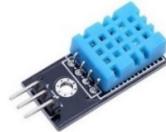
Hình 4.17 Điện áp trả về và giá trị pH tại các nhiệt độ khác nhau. [49]

Cùng với đó, khoảng thay đổi nhiệt độ của môi trường dung dịch thủy canh là không quá lớn ($30 \pm 10^{\circ}\text{C}$). Do vậy, giá trị pH do cảm biến trả về không cần thiết phải qua bước tính toán bù nhiệt.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

4.3.4. Cảm biến độ ẩm, nhiệt độ môi trường

Nhằm giá sát trạng thái môi trường xung quanh hệ thống. Sử dụng cảm biến độ ẩm, nhiệt độ không khí DHT11 của hãng Aosong, Trung quốc [50].



Hình 4.18 Module ra chân của cảm biến DHT11. [50]

Thông số cảm biến: [50]

- Điện áp hoạt động: 5 VDC.
- Chuẩn giao tiếp: 1-Wire, mức điện áp logic TTL.
- Khoảng đo độ ẩm: 20 ~ 80% \pm 5%.
- Khoảng đo nhiệt độ: 0 ~ 50°C \pm 2°C.
- Tần số lấy mẫu tối đa: 1 Hz.

4.3.5. Cảm biến cường độ ánh sáng

Để có thể nhận biết liệu ánh sáng có đủ để giúp cây quang hợp hay không. Sử dụng cảm biến cường độ ánh sáng BH1750 của hãng ROHM Semiconductor, Nhật Bản [51]. Cảm biến được sử dụng để đo cường độ ánh sáng theo đơn vị lux, cảm biến có ADC nội và bộ tiền xử lý nên giá trị được trả ra là giá trị trực tiếp cường độ ánh sáng lux mà không phải qua bất kỳ xử lý hay tính toán nào thông qua giao tiếp I²C. Khi giá trị cường độ ánh sáng của mặt trời chiếu lên hệ thống thấp hơn mức yêu cầu thì thanh LED thủy canh chuyên dụng sẽ được bật lên để cung cấp thêm ánh sáng cho cây.



Hình 4.19 Module ra chân cảm biến BH1750. [51]

Thông số cảm biến: [51]

- Điện áp làm việc: 3.3 ~ 5 VDC.
- Giao tiếp: I²C.
- Khoảng đo: 1 ~ 65535 lux.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

4.4. Động cơ

Động cơ được sử dụng là động cơ giảm tốc Takanawa DS400.110/S555S, Nhật Bản như đã trình bày ở phần thiết kế cơ khí. Driver động cơ được chọn là Module IBT_2 sử dụng 2 chip nửa cầu dòng cao BTS7960 của hãng Infineon Technologies, Đức [52] với khả năng chịu dòng lớn, điều khiển một động cơ, phù hợp với thông số tải đặt ra.



Hình 4.20 Module driver động cơ IBT_2. [52]

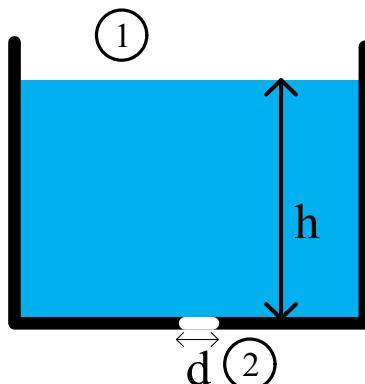
Thông số cơ bản: [52]

- Điện áp đầu vào: $6 \sim 27 \text{ VDC}$.
- Dòng tối đa: 43 A .
- Mức điện áp điều khiển: $3.3 \sim 5 \text{ VDC}$.

4.5. Bơm nước chìm

Để bơm nước từ bồn chứa C1 lên bồn chứa C2 thì cần sử dụng một bơm chìm hồ. Do hệ thống sử dụng nguồn 12VDC cho hầu hết các thiết bị vận hành, do đó, loại bơm chìm sử dụng nguồn điện 12VDC được ưu tiên lựa chọn.

Để lựa chọn được lưu lượng bơm thích hợp, ta tính toán lưu lượng chảy của dung dịch chảy từ bồn chứa C2 xuống bồn chứa C1.



Hình 4.21 Tính toán lưu lượng từ bồn chứa C2 xuống bồn chứa C1.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Chiều cao mực nước bồn chứa C2 là $h = 190 mm$, van điện từ nối thông với bồn chứa có tiết diện tròn đường kính $d = 8 mm$.

Giả sử độ cao h không thay đổi trong quá trình chảy (Ở đây do có bơm nước chìm liên tục bơm lên, nên việc giả sử như vậy là phù hợp). Ta có công thức Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad [4.7]$$

Trong đó, P_1 và P_2 là áp suất tại mặt hở, ở đây $P_1 = P_2 = P_{khí quyển}$

v_1 là vận tốc dòng chảy ở mặt hở 1. Ở đây, $v_1 = 0$.

v_2 là vận tốc dòng chảy ở mặt hở 2.

ρ là khối lượng riêng chất lưu. Ở đây là nước nên $\rho = 1000 (kg/m^3)$.

g là gia tốc trọng trường, $g = 9.81 (m/s^2)$.

h_1 và h_2 là chiều cao của mực nước tại mặt cắt. Ở đây, $h_1 - h_2 = h$.

Ta tính được vận tốc dòng chảy tại mặt hở 2:

$$v_2 = 2\sqrt{gh} = 2\sqrt{9.81 \times 0.19} \approx 2.73 (m/s)$$

Từ đây, lưu lượng chảy qua tiết diện lỗ đường kính d là:

$$Q_2 = v_2 \frac{\pi d^2}{4} \quad [4.8]$$

$$Q_2 = 2.73 \times \frac{\pi \times 0.008^2}{4} \approx 1.37 \times 10^{-4} (m^3/s) \approx 493 (L/H)$$

Từ lưu lượng tính toán được như trên, chọn bơm chìm hồ DC-808, Trung Quốc.



Hình 4.22 Bơm nước chìm hồ DC-808. [53]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

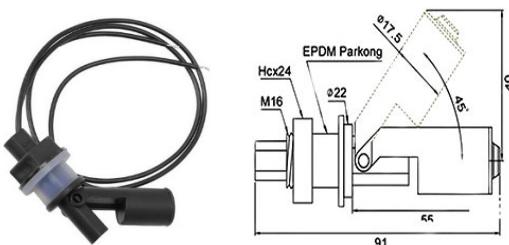
Thông số kỹ thuật: [53]

- Điện áp hoạt động: $6 \sim 12 VDC$.
- Công suất: $4 \sim 5 W$.
- Lưu lượng: $500 L/H$.
- Độ cao bơm tối đa: $1.5 m$.
- Tiêu chuẩn IP68.
- Ống nước ra/vào: $8 mm/13 mm$.

Trên đường dẫn dung dịch của bơm chìm hồ sẽ được nối với một van 1 chiều để chống dòng dung dịch chảy ngược lại khi bơm dừng hoạt động.

4.6. Công tắc dạng phao

Để xác định được mực nước trong hai bồn chứa, lựa chọn công tắc cảm biến mực nước dạng phao MH16P.



Hình 4.23 Công tắc cảm biến mực nước dạng phao. [54]

Thông số kỹ thuật: [54]

- Chất liệu: nhựa.
- Đường kính ren: $16 mm$.

4.7. Van điện từ

Cùng với bơm chìm hồ, để kiểm soát dòng dung dịch chảy trong hệ thống, ta cần sử dụng các van điện từ. Chọn sử dụng van điện từ thường đóng VNA12.



Hình 4.24 Van điện từ VNA12 thường đóng. [55]

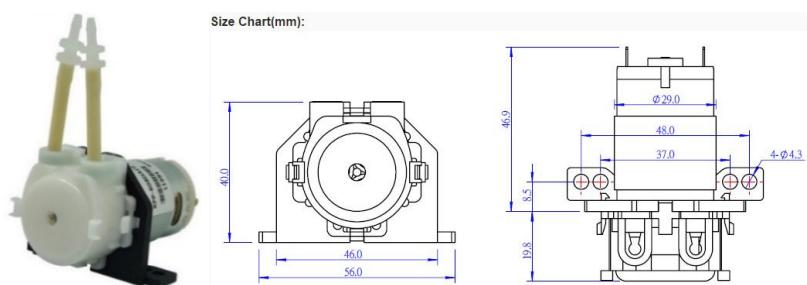
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Thông số kỹ thuật: [55]

- Điện áp chuyển trạng thái: 12 VDC.
- Loại van thường đóng.
- Khoảng áp suất hoạt động: 0.02 ~ 0.8 MPa.

4.8. Bơm nhu động

Để pha trộn chất dinh dưỡng và dung dịch giảm pH, hệ thống sử dụng 3 bơm nhu động ứng với 3 loại dung dịch là dinh dưỡng A, dinh dưỡng B và acid nồng độ thấp để giảm pH. Loại bơm nhu động được lựa chọn có mã sản phẩm là NKP-DCL-S10G được sản xuất bởi hãng Kamoer, Đài Loan [56].



Hình 4.25 Bơm nhu động Kamoer. [51]

Thông số kỹ thuật: [56]

- Điện áp hoạt động: 12 VDC.
- Công suất: 5 W.
- Lưu lượng bơm: 5.2 ml/phút ~ 90 ml/phút.
- Chất liệu ống dẫn: Silicon (phù hợp với các dung dịch hóa chất).

4.9. Cảm biến lưu lượng

Để kiểm soát chính xác được lưu lượng chất dinh dưỡng cũng như dung dịch giảm pH pha trộn vào bồn chứa, đầu ra của các bơm nhu động được gắn thêm cảm biến lưu lượng YF-S401 của hãng Sea, Trung Quốc.



Hình 4.26 Cảm biến lưu lượng YF-S401. [57]

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Thông số kỹ thuật: [57]

- Khoảng điện áp hoạt động: $5 \sim 12 \text{ VDC}$.
- Khoảng đo lưu lượng: $0.3 \sim 6 \pm 5\% \text{ L/phút}$.
- Dòng tiêu thụ: 15 mA (tại điện áp 5 VDC).

Nguyên lý đo của cảm biến lưu lượng này là dựa trên hiệu ứng Hall. Lưu chất đi qua cảm biến sẽ làm xoay nam châm hai cực bên trong cảm biến. Cảm biến Hall sẽ phát ra tín hiệu đầu ra tương ứng dạng xung vuông. Đối với cảm biến YF-S401, công thức chuyển đổi sẽ là:

$$5880 \text{ xung vuông} = 1L \quad [4.9]$$

Các xung vuông sẽ được ghi nhận và đếm bởi vi điều khiển, cùng với việc đếm thời gian sẽ tính toán ra được thể tích cũng như lưu lượng của dòng chất lưu.

4.10. Bơm khí

Để giúp cho chất dinh dưỡng cũng như dung dịch giảm pH hòa tan nhanh vào nước, hệ thống được trang bị một bơm khí nối với các cục đá sủi bọt khí, giống như trong các bể nuôi cá.

Bơm khí được chọn là bơm HS-198B của hãng Jinhua Heshun Electric Appliance, Trung Quốc.



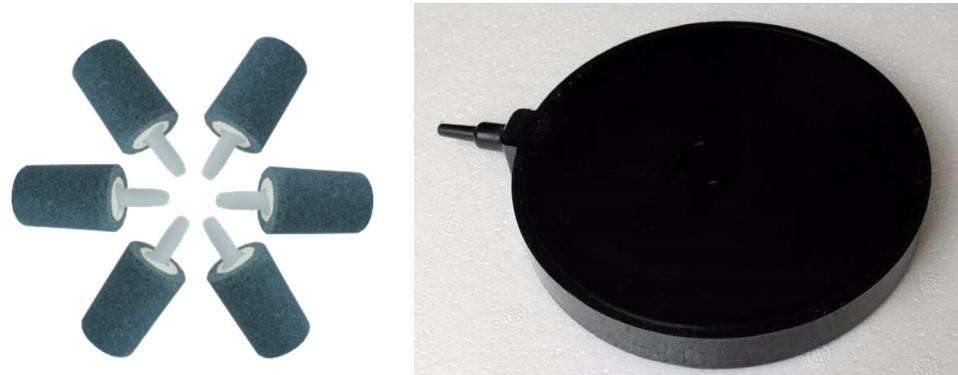
Hình 4.27 Bơm khí HS-198B

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 12 VDC .
- Công suất: 75 W .

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Có thể sử dụng các loại đá sủi bọt khí với bất kỳ hình dạng nào. Các loại đá sủi bọt khí này có thể dễ dàng kiếm thấy trên thị trường.



Hình 4.28 Một số loại hình dạng đá sủi bọt khí có trên thị trường.

4.11. Relay

Các thiết bị kể trên sử dụng nguồn điện 12 VDC, do đó để điều khiển đóng mở các thiết bị này thì cần sử dụng relay. Hệ thống sử dụng 9 relay. Loại relay được chọn là relay SRD-05VDC-SL-C của hãng Sngle, Trung Quốc [58].



Hình 4.29 Relay SRD-05VDC-SL-C của hãng Sngle. [58]

Thông số kỹ thuật: [58]

- Điện áp điều khiển: 5 VDC.
- Điện áp đầu ra tối đa cho phép: 250 VAC hoặc 110 VDC.
- Tải dòng tối đa: 10 A.

4.12. Đèn LED RGB

4.12.1. Thanh LED quang hợp chuyên dụng

Để cung cấp thêm ánh sáng cho việc quang hợp của rau, hệ thống được trang bị thanh LED chuyên dụng với 30 LED RGB được điều khiển bởi driver WS2812B [59].

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN

Các LED này được điều khiển bởi vi điều khiển sao cho cung cấp được cường độ ánh sáng phù hợp với các loại rau.



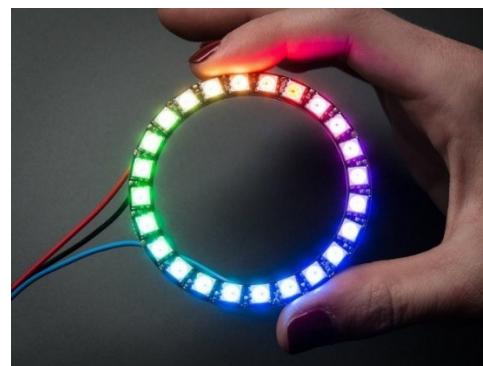
Hình 4.30 Thanh LED quang hợp chuyên dụng.

Thông số kỹ thuật: [59]

- Điện áp hoạt động: 5 VDC.
- Số LED: 30
- Chuẩn giao tiếp của driver WS2812B: 1-Wire, mức điện áp logic TTL.
- Dòng tiêu thụ lớn nhất: 2.7 A (Đo thực tế).

4.12.2. Vòng LED trang trí

Để giúp hệ thống thêm phần đẹp mắt, phù hợp với tiêu chí là một vật trang trí trong nhà, một vòng LED bao gồm 24 LED RGB được sử dụng để tạo ra các hiệu ứng bắt mắt tương ứng với các trạng thái hoạt động của hệ thống. Tương tự như thanh LED thủy canh chuyên dụng, các LED RGB của vòng LED này cũng được điều khiển bởi driver WS2812B [59].



Hình 4.31 Vòng LED RGB.

Thông số kỹ thuật: [59]

- Điện áp hoạt động: 5 VDC.
- Số LED: 24
- Chuẩn giao tiếp của driver WS2812B: 1-Wire, mức điện áp logic TTL.
- Dòng tiêu thụ lớn nhất: 750 mA (Đo thực tế).

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

5.1. Truyền nhận dữ liệu

Hai vi điều khiển sẽ giao tiếp với nhau thông qua giao tiếp truyền nhận không đồng bộ (UART).

Để thuận tiện và đảm bảo cho việc truyền nhận tín hiệu giữa hai vi điều khiển được vận hành đúng, cần thiết kế dạng tổng quát của các gói dữ liệu (Packet) trao đổi giữa hai vi điều khiển. Gói dữ liệu này có dạng tổng quát như sau:

1 byte	1 byte	1 byte	...	1 byte
Header	Type	Data	...	Checksum

Một byte header để vi điều khiển biết đây là bắt đầu của gói dữ liệu. Byte tiếp theo chứa thông tin về dạng lệnh điều khiển. Byte kế tiếp chứa thông tin về lệnh điều khiển. Byte cuối cùng là Checksum, giúp kiểm tra lỗi trong quá trình gửi dựa trên thuật toán kiểm tra tính chẵn lẻ theo chiều dọc (longitudinal parity check). Khi phát hiện lỗi thì vi điều khiển sẽ bỏ qua gói lệnh này. Các gói lệnh phản hồi (Response packet) nếu có thì chỉ chứa 1 byte.

- Dạng tổng quát của gói dữ liệu điều khiển (Command packet) mà ESP8266 gửi đến Atmega2560 được quy định như sau:

1 byte	1 byte	1 byte	1 byte
Header	Type	Mode	Checksum

- Header = 0xff
- Các lệnh điều khiển ESP8266 gửi cho ATmega2560 được quy định như bảng sau:

Bảng 5.1 Bảng ký tự định danh lệnh điều khiển của ESP8266 gửi cho ATmega2560.

Type	Mode	Miêu tả
S	1	Đọc và gửi lại dữ liệu của tất cả cảm biến
S	2	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến EC
S	3	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến pH

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

S	4	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến nhiệt độ nước
S	5	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến nhiệt độ môi trường
S	6	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến độ ẩm môi trường
S	7	Đọc và gửi lại dữ liệu của cảm biến cường độ ánh sáng
M	1 ~ 4	Quay động cơ chiều thuận với cấp tốc độ tương ứng Mode
M	-1 ~ -4	Quay động cơ chiều nghịch với cấp tốc độ tương ứng Mode
M	0	Dừng xoay động cơ
O	1	Mở Relay bơm dung dịch dinh dưỡng A
O	2	Mở Relay bơm dung dịch dinh dưỡng B
O	3	Mở Relay bơm dung dịch giảm pH
O	4	Mở Relay bơm nước
O	5	Mở Relay bơm khí
O	6	Mở Relay van điện từ 1
O	7	Mở Relay van điện từ 2
O	8	Mở Relay van điện từ 3
O	9	Mở Relay van điện từ 4
O	10	Mở thanh LED thủy canh
O	11	Mở vòng LED trang trí
C	1	Tắt Relay bơm dung dịch dinh dưỡng A
C	2	Tắt Relay bơm dung dịch dinh dưỡng B
C	3	Tắt Relay bơm dung dịch giảm pH
C	4	Tắt Relay bơm nước
C	5	Tắt Relay bơm khí
C	6	Tắt Relay van điện từ 1
C	7	Tắt Relay van điện từ 2
C	8	Tắt Relay van điện từ 3
C	9	Tắt Relay van điện từ 4
C	10	Tắt thanh LED thủy canh
C	11	Tắt vòng LED trang trí
D	1	Thực hiện pha trộn điều chỉnh chỉ số EC theo chỉ số EC mong muốn

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

D	2	Thực hiện pha trộn điều chỉnh chỉ số pH theo chỉ số pH mong muốn
H	0	Tắt hệ thống để thu hoạch hoặc vệ sinh và bảo trì.

- Checksum = Byte2 XOR Byte3.

Gói dữ liệu phản hồi có dạng:

1 byte	1 byte
Type vừa gửi	Mode vừa gửi

- Dạng tổng quát gói lệnh phản hồi dữ liệu cảm biến của ATmega2560 gửi cho ESP8266 như sau:

1 byte	1 byte	8 bytes	1 byte
Header	Type	Value	Checksum

- Header = 0xff
- Type ở đây có chức năng định danh cho giá trị của loại cảm biến được gửi và được quy định như bảng sau:

Bảng 5.2 Bảng ký tự định danh giá trị cảm biến được ATmega2560 gửi cho ESP8266.

Type	Miêu tả
E	Giá trị của cảm biến EC
P	Giá trị của cảm biến pH
T	Giá trị của cảm biến nhiệt độ nước
V	Giá trị của cảm biến nhiệt độ môi trường
I	Giá trị của cảm biến độ ẩm môi trường
L	Giá trị của cảm biến cường độ ánh sáng

- Checksum = Byte2 XOR Byte3 XOR ... XOR (lastByte - 1).

Gói dữ liệu phản hồi có dạng:

1 byte	1 byte
Type vừa gửi	0x01

Ngoài ra, trước quá trình pha trộn thì ATmega2560 cần nhận được giá trị chỉ số EC và pH người dùng hoặc trung tâm dữ liệu mong muốn. ESP8266 sẽ lấy thông tin này

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

từ trung tâm dữ liệu và sẽ truyền một gói dữ liệu chứa giá trị của các chỉ số này đến ATmega2560 để ghi nhận và tính toán thể tích cần pha trộn.

- Dạng tổng quát gói lệnh gửi dữ liệu chỉ số EC và pH mong muốn gửi cho ATmega2560 như sau:

1 byte	1 byte	8 bytes	1 byte
Header	Type	Value	Checksum

- Header = 0xff.
- Type ở đây có chức năng định danh cho giá trị của chỉ số mong muốn được gửi và được quy định như bảng sau:

Bảng 5.3 Bảng ký tự định danh giá trị chỉ số được ESP8266 gửi cho ATmega2560.

Type	Miêu tả
X	Giá trị chỉ số EC mong muốn
Y	Giá trị chỉ số pH mong muốn

- Checksum = Byte2 XOR Byte3 XOR ... XOR (lastByte - 1).

Gói dữ liệu phản hồi có dạng:

1 byte	1 byte
Type vừa gửi	0x01

5.2. Điều khiển chỉ số EC

Để biết được chính xác thể tích dung dịch chất dinh dưỡng cần pha trộn để đạt được chỉ số EC mong muốn thì ta cần thực hiện việc tính toán qua công thức sau: [60]

$$(EC_A + EC_B)V_1 + EC_2V_2 = EC_3(V_1 + V_2) \quad [5.1]$$

trong đó,

EC_A và EC_B lần lượt là chỉ số EC của dung dịch dinh dưỡng A và B.

EC_2 là chỉ số EC của dung dịch hiện tại trong bồn chứa.

EC_3 là chỉ số EC sau khi trộn dung dịch dinh dưỡng vào bồn chứa, cũng là chỉ số EC cần đạt được.

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

V_1 là thể tích dung dịch dinh dưỡng A và B cho vào bồn chứa.

V_2 là thể tích dung dịch hiện tại trong bồn chứa.

Từ đó, công thức tính thể tích dung dịch dinh dưỡng A và B cần cho vào bồn chứa:

$$V_1 = \frac{V_2(EC_3 - EC_2)}{EC_A + EC_B - EC_3} \quad [5.2]$$

trong đó, các thông số đã biết bao gồm:

V_2 – do hệ thống sẽ chỉ bắt đầu pha trộn khi mực nước đạt mức cao. Do đó, ta tính toán được thể tích hiện tại trong bồn chứa bởi kích thước và chiều cao mực nước đã được biết trước. $V_2 = 61.3 L$

EC_A và EC_B – hai chỉ số này có thể được tính toán từ thành phần nồng độ ghi trên bao bì hoặc đo trực tiếp bằng cảm biến. Qua tính toán thành phần định lượng trên bao bì sản phẩm dung dịch dinh dưỡng Hydromat V được sử dụng cho hệ thống, $EC_A = EC_B = 18.5 mS/cm$.

EC_2 – chỉ số này được đo trực tiếp bằng cảm biến.

EC_3 – giá trị của chỉ số này nhận được từ trung tâm dữ liệu.

5.3. Điều khiển chỉ số pH

Để biết được chính xác thể tích dung dịch acid nồng độ thấp cần cho vào pha trộn để giảm chỉ số pH xuống và đạt được chỉ số pH mong muốn thì ta cần thực hiện việc tính toán qua công thức sau: [61]

$$M_1V_1 + M_2V_2 = M_3(V_1 + V_2) \quad [5.3]$$

với $M = 10^{-pH}$ là nồng độ mol ion $[H^+]$ có trong dung dịch (mol/L).

trong đó,

M_1 là nồng độ mol ion $[H^+]$ của dung dịch acid dùng để giảm độ pH.

M_2 là nồng độ mol ion $[H^+]$ của dung dịch hiện tại trong bồn chứa.

M_3 là nồng độ mol ion $[H^+]$ sau khi trộn dung dịch acid vào bồn chứa, cũng là chỉ số nồng độ mol ion $[H^+]$ cần đạt được.

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

V_1 là thể tích dung dịch acid cho vào bồn chứa.

V_2 là thể tích dung dịch hiện tại trong bồn chứa.

$$V_1 = \frac{V_2(M_3 - M_2)}{M_1 - M_3} \quad [5.4]$$

trong đó, các thông số đã biết bao gồm:

V_2 – do hệ thống sẽ chỉ bắt đầu pha trộn khi mực nước đạt mức cao. Do đó, ta tính toán được thể tích hiện tại trong bồn chứa bởi kích thước và chiều cao mực nước đã được biết trước. $V_2 = 61.3 L$

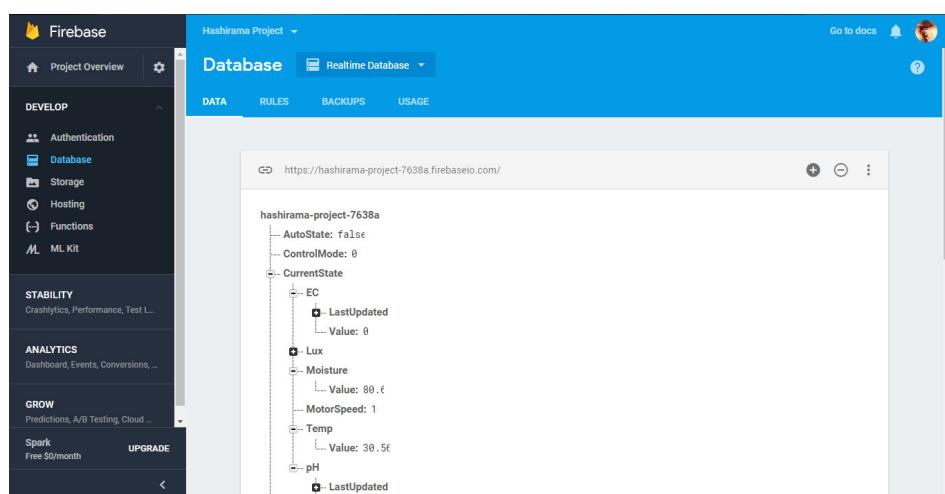
M_1 – chỉ số này có thể được tính toán từ thành phần nồng độ ghi trên bao bì hoặc đo trực tiếp bằng cảm biến. Với sản phẩm sử dụng là 100 mL dung dịch acid phosphoric (H_3PO_4) nồng độ 35%, $pH = 1.08 \rightarrow M_1 = 0.083 (mol/L)$.

M_2 – chỉ số này được đo trực tiếp bằng cảm biến.

M_3 – giá trị của chỉ số này nhận được từ trung tâm dữ liệu.

5.4. Trung tâm dữ liệu trực tuyến thời gian thực

Để thuận tiện cho việc lưu trữ các dữ liệu về chỉ số đo đặc được từ cảm biến cũng như các lệnh điều khiển, hệ thống sử dụng trung tâm dữ liệu trực tuyến thời gian thực Firebase Realtime Database, được phát triển và hỗ trợ bởi Google (Hoa Kỳ) [62].



Hình 5.1 Giao diện quản lý dữ liệu JSON của máy trồng rau thủy canh tự động.

Cấu trúc quản lý dữ liệu của Firebase theo dạng cây JSON, giúp cho việc truy xuất dữ liệu trở nên dễ dàng hơn so với dạng bảng truyền thống. Ngoài ra, khi các giá trị của

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

một nhánh trên cây JSON thay đổi thì hệ thống có khả năng nhận diện ngay được thay đổi này, từ đó tạo ra khả năng đáp ứng thời gian thực của trung tâm dữ liệu này.

5.5. Ứng dụng di động giám sát và điều khiển hệ thống

5.5.1. Lựa chọn nền tảng di động

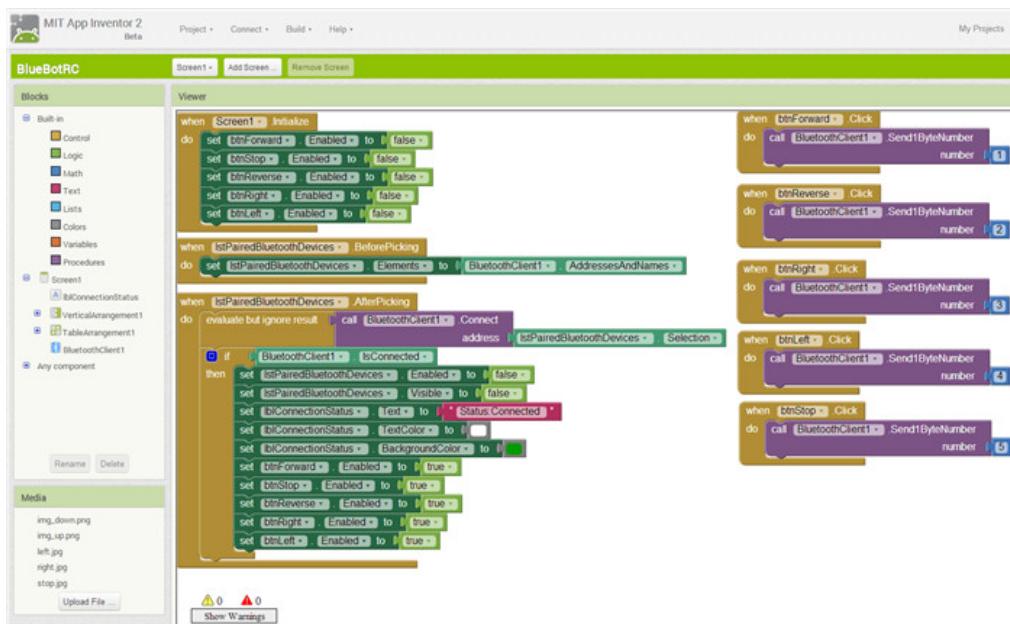
Hiện nay có hai nền tảng di động phổ biến nhất là Android và iOS [63]. Trong đó, Android chiếm ưu thế vượt trội về độ phổ biến (80.7% thị phần) [63]. Bên cạnh đó, việc lập trình cho nền iOS gấp phải nhiều trớ ngại như: phải có máy tính chạy macOS và iPhone để phát triển và gỡ lỗi nhưng giá thành của các công cụ là rất cao. Do đó, trong phạm vi đề tài, nền tảng Android được lựa chọn để phát triển ứng dụng trên đó.

5.5.2. Lựa chọn công cụ phát triển ứng dụng

Việc phát triển ứng dụng trên nền tảng Android đòi hỏi các công cụ lập trình chuyên biệt. Hiện nay, hai công cụ phổ biến là MIT App Inventor và Android Studio.

a. MIT App Inventor

Được khởi động lại từ dự án App Inventor Tool của Google bởi nhóm phát triển thuộc viện công nghệ Massachusetts, Hoa Kỳ [64]. MIT App Inventor là công cụ phát triển ứng dụng trên nền tảng Android sử dụng việc kéo thả các khối lệnh được lập trình sẵn (drag and drop) để tạo thành một ứng dụng hoàn chỉnh.



Hình 5.2 Giao diện lập trình kiểu drag and drop của MIT App Inventor. [65]

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

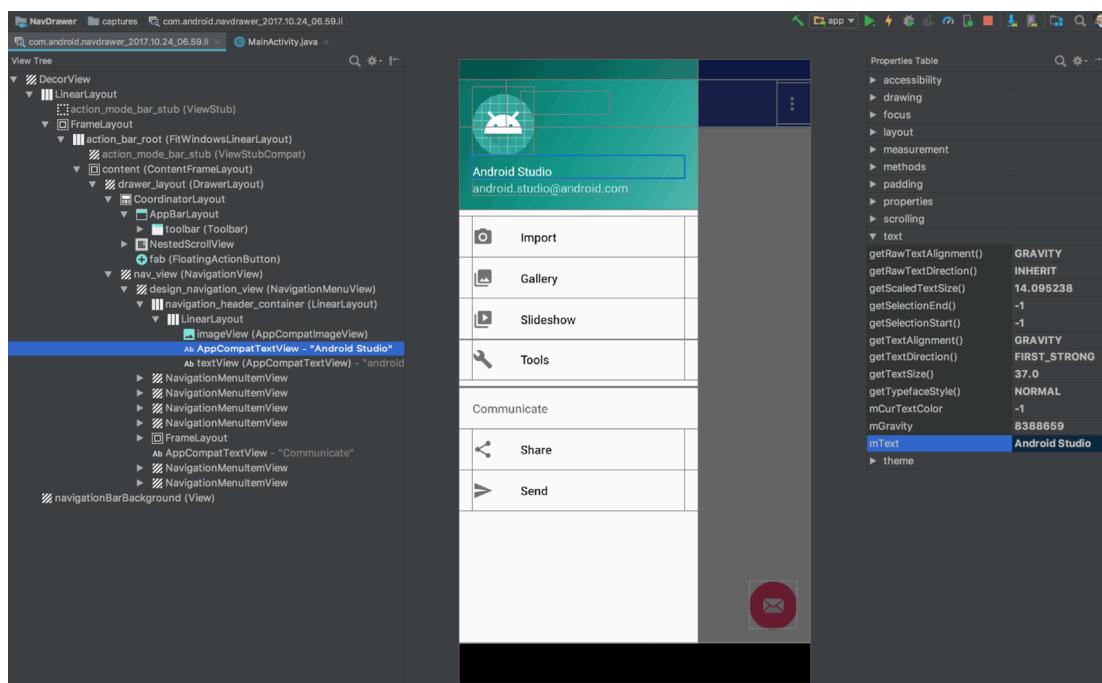
Ưu điểm của MIT App Inventor là dễ tiếp cận với người không chuyên, các thư viện được xây dựng sẵn để có thể lập trình chỉ bằng các thao tác kéo thả các khối. Tuy nhiên, nhược điểm của công cụ này là việc phát triển vẫn còn rất nhiều hạn chế. Thứ nhất, ngôn ngữ thiết kế đồ họa và các thư viện đồ họa không hề được coi trọng dẫn đến ứng dụng có giao diện người dùng không đẹp mắt. Thứ hai, các thư viện được lập trình sẵn không thể dễ dàng sửa đổi để tương thích với yêu cầu lập trình mới. Thứ ba, việc chạy thử và gỡ lỗi không được hỗ trợ tốt.

b. Android Studio

Android studio là môi trường chuyên biệt chỉ để lập trình các ứng dụng trên nền tảng Android được phát triển bởi Google (Hoa Kỳ) và Jetbrains (Công hòa Séc). Công cụ này được xem như là công cụ chính thức để lập trình các ứng dụng Android (Native Android application) [66].

Android Studio sử dụng ngôn ngữ lập trình là Java hoặc Kotlin cùng với ngôn ngữ quản lý cấu trúc XML.

Các nhược điểm của công cụ MIT App Inventor đều được khắc phục bởi công cụ Android Studio. Tuy nhiên, việc lập trình trên công cụ này đòi hỏi người lập trình phải có kiến thức và hiểu biết nhất định.



Hình 5.3 Giao lập trình của Android Studio. [66]

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

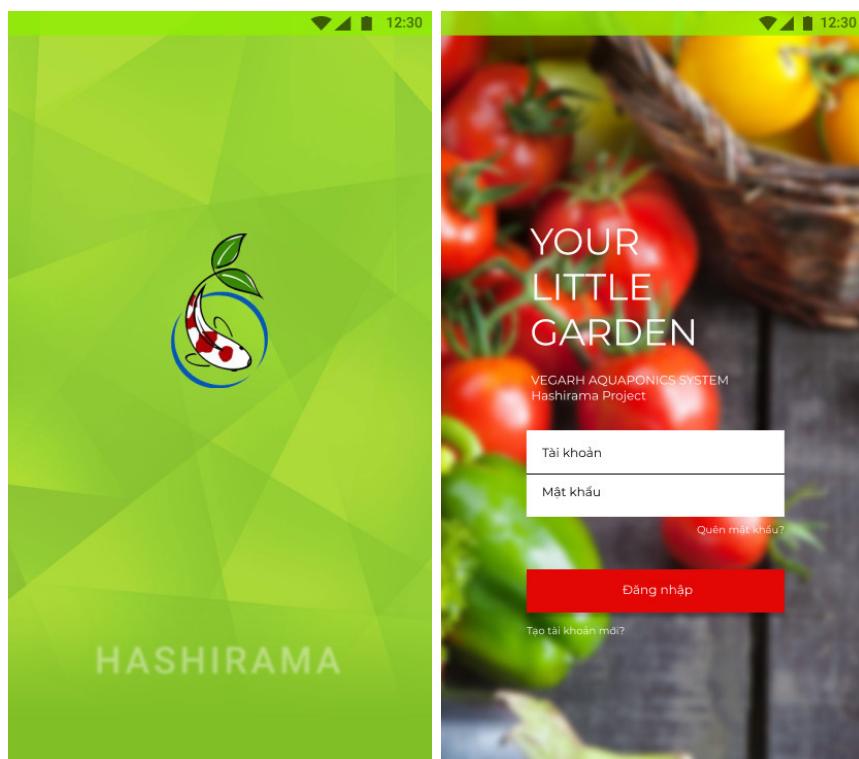
c. Kết luận

Với những ưu điểm vượt trội trong việc phát triển và mở rộng ứng dụng trong tương lai của công cụ Android Studio, công cụ này được lựa chọn để phát triển ứng dụng di động giám sát và điều khiển hệ thống máy trồng rau thủy canh tự động. Ngôn ngữ lập trình được chọn là Java. Ngôn ngữ thiết kế đồ họa được chọn là Material Design.

5.5.3. Ứng dụng di động được phát triển

Sau quá trình thiết kế giao diện người dùng và lập trình chức năng thì phiên bản đầu tiên của ứng dụng đã được hình thành. Ứng dụng đòi hỏi người dùng phải có kết nối Internet để truy cập đến trung tâm dữ liệu trực tuyến thời gian thực Firebase. Lúc này, người dùng sẽ có thể giám sát các thông số và điều khiển các thiết bị của hệ thống theo thời gian thực. Ngoài ra còn có thể quan sát hình ảnh từ camera (nếu được tích hợp) của hệ thống. Khi người dùng không có kết nối Internet, sẽ chỉ có các thông số cũ được lưu trong bộ nhớ tạm của thiết bị di động sẽ được hiển thị.

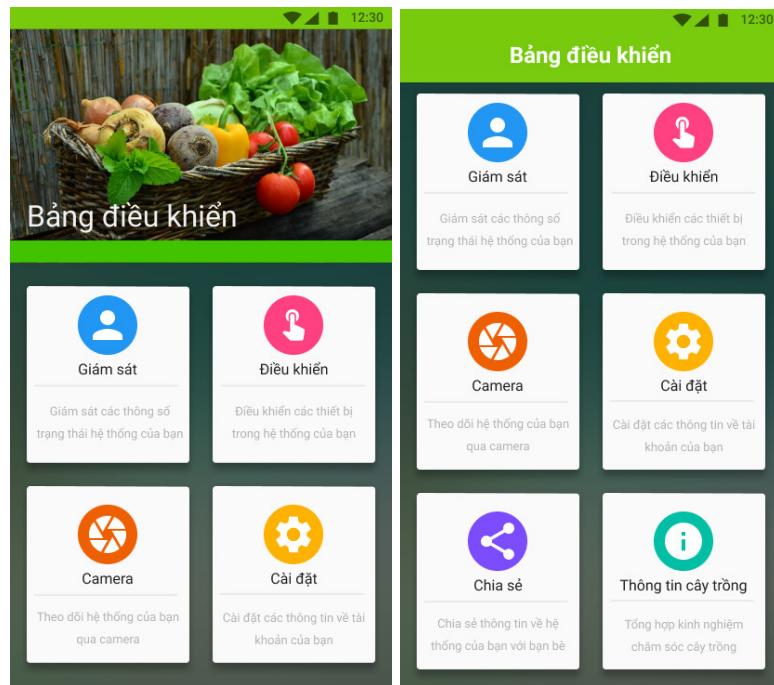
Trước khi sử dụng thì người dùng cần đăng ký một tài khoản để truy cập vào trung tâm dữ liệu trực tuyến. Trung tâm dữ liệu đó sẽ được liên kết với hệ thống máy trồng rau thủy canh tự động.



Hình 5.4 Giao diện khi mở ứng dụng và trang đăng nhập tài khoản

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

Sau khi đăng nhập thành công thì người dùng sẽ được đưa đến bảng điều khiển. nơi chứa các chức năng của ứng dụng. Người dùng sẽ chọn chức năng muốn sử dụng và giao diện trên điện thoại sẽ chuyển sang giao diện cho chức năng đó.



Hình 5.5 Giao diện bảng điều khiển để chọn chức năng.

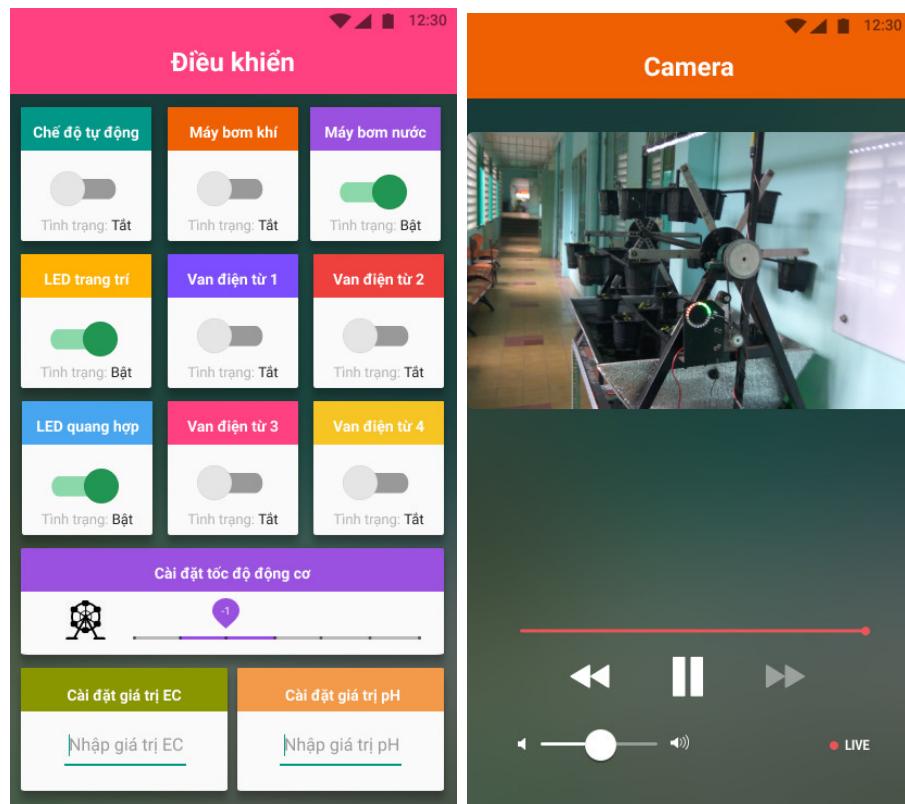
Chức năng giám sát sẽ hiển thị các chỉ số hiện tại của hệ thống và vẽ ra đồ thị sự thay đổi của các chỉ số này trong thời gian trống.



Hình 5.6 Giao diện chức năng giám sát các thông số của hệ thống.

CHƯƠNG 5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

Chức năng điều khiển và quan sát bằng camera có giao diện như Hình 5.7.



Hình 5.7 Giao diện chức năng điều khiển các thiết bị và chức năng quan sát camera.

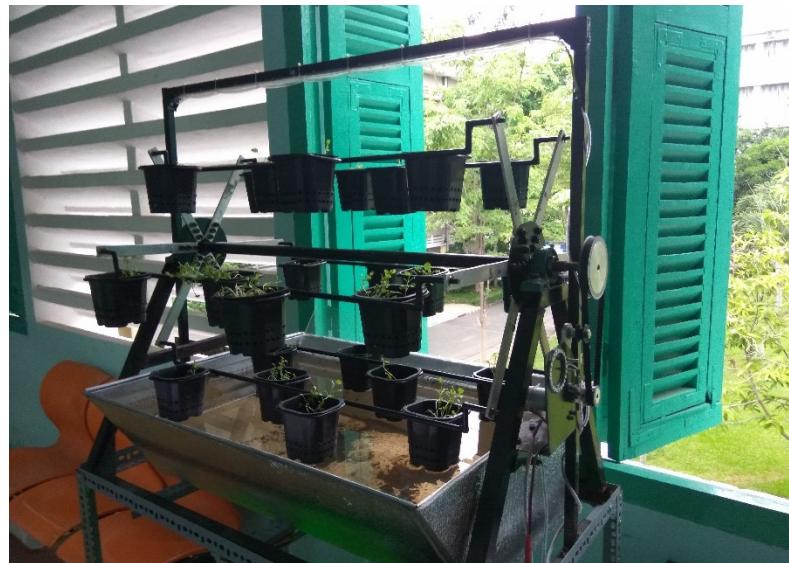
Trong phạm vi đề tài, các chức năng cài đặt thông số người dùng và ứng dụng, chia sẻ thông tin trạng thái cho bạn bè và thông tin về các giống cây trồng tạm thời chưa được phát triển.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

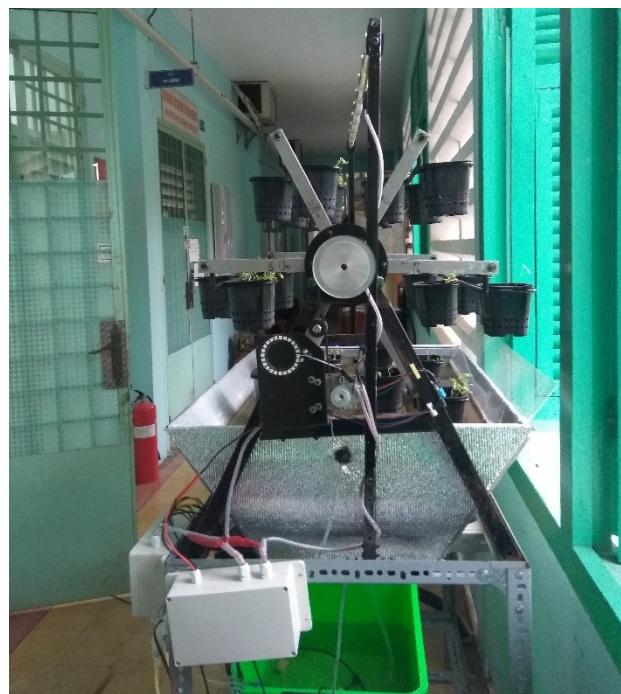
6.1. Mô hình thực tế

Nhằm giảm sự thay đổi nhiệt độ do việc hấp thụ ánh sáng của nước, bồn chứa phía trên dược dán một lớp vật liệu cách nhiệt.



Hình 6.1 Mô hình máy trồng rau thủy canh tự động.

Phần mạch điện được đặt trong hộp nhựa trống thám để tránh việc trong quá trình hoạt động có thể sẽ xảy ra hiện tượng bắn hoặc nhiễu nước gây hư hại cho mạch điện.



Hình 6.2 Góc nhìn ngang của mô hình.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Cụm bơm nhu động, cảm biến lưu lượng và module relay đặt ở một hộp nhựa khác.



Hình 6.3 Bơm nhu động pha trộn các loại dung dịch vào bồn chứa phía dưới.
Các cảm biến chỉ số EC, pH, nhiệt độ nước được đặt ở bồn chứa phía dưới.



Hình 6.4 Cụm cảm biến các chỉ số nước và hai cảm biến mức dạng phao.



Hình 6.5 Bơm chìm hồ và các cục sủi bọt khí được đặt trong bồn chứa phía dưới.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 6.6 Thanh LED quang hợp và vòng LED trang trí được bật khi máy hoạt động.

6.2. Thực nghiệm

Quá trình gieo hạt để lên cây mầm được bắt đầu vào ngày 10/5/2018. Mô hình thực nghiệm được hoàn thành vào ngày 14/5/2018, các cây mầm cũng bắt đầu được đặt lên giàn xoay vào ngày này.

Giống cây được trồng bao gồm rau đay đỏ TN – 855 (*Corchorus olitorius L*). Ngâm hạt trong nước ấm (40~50°C) trong 15 phút, vớt bỏ những hạt nổi (hạt hư). Sau đó đặt hạt xuống từng rọ, dưới lớp sợi dừa 1 lóng tay (2cm), lắp lại, ấn nhẹ. Tưới ẩm cho rọ. Sau 1~4 ngày thì hạt sẽ nảy mầm thành cây non. Lúc này, bắt đầu đưa các rọ lên giàn xoay.

Các thông số sinh trưởng của giống cây rau đay đỏ được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 6.1 Thông số sinh trưởng của giống cây rau đay đỏ.

	Nảy mầm	Cây con	Sinh trưởng dinh dưỡng
Thời gian	1~4 ngày	20~25 ngày	Còn lại
EC		1.5~2.0 mS/cm	1.7~2.5 mS/cm
pH	6.0~6.7	6.0~6.7	6.0~6.7
Nhiệt độ phù hợp	25~29°C	18~25°C	20~25°C

Các chỉ số EC, pH và nhiệt độ trung bình trong một ngày được kiểm soát và ghi nhận từ ngày 14/5/2018 đến ngày 31/5/2018 (18 ngày) và được thể hiện qua bảng sau:

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Bảng 6.2 Các thông số ghi nhận được trong quá trình sinh trưởng.

Thời gian	EC (mS/cm)	pH	Nhiệt độ ($^{\circ}C$)
14/5/2018	1.60	6.0	27.3
15/5/2018	1.70	6.2	26.8
16/5/2018	1.72	6.3	27.5
17/5/2018	1.75	6.2	28.6
18/5/2018	1.80	6.2	27.4
19/5/2018	1.86	6.4	26.5
20/5/2018	1.92	6.5	27.6
21/5/2018	1.90	6.4	26.3
22/5/2018	1.95	6.5	27.2
23/5/2018	1.97	6.7	27.8
24/5/2018	1.94	6.5	28.2
25/5/2018	1.92	6.3	27.5
26/5/2018	1.88	6.4	26.8
27/5/2018	1.90	6.2	25.8
28/5/2018	1.85	6.2	27.3
29/5/2018	1.87	6.4	27.9
30/5/2018	1.92	6.6	27.7
31/5/2018	1.86	6.7	28.2

Các cây rau đay mầm trước khi được đưa lên giàn có chiều cao từ $3 \sim 4 cm$.



Hình 6.7 Các cây non trước khi được đưa lên giàn xoay.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Cây rau đay được trồng sau hơn hai tuần đã phát triển cao được 15 cm và có đường kính thân vào khoảng 3 ~ 4 mm.



Hình 6.8 Các cá thể cây trong giai đoạn sinh trưởng và phát triển.

CHƯƠNG 7. KẾT LUẬN

CHƯƠNG 7. KẾT LUẬN

7.1. Những kết quả đạt được

Máy vận hành tốt, mặc dù độ trễ do kết nối wifi còn tuỳ vào độ ổn định của mạng. Qua thực nghiệm, thời gian từ khi bấm nút tới lúc hệ thống thực hiện lệnh mất khoảng 1.2 ~ 2.1 s.

Những kết quả thực hiện được: xoay giàn liên tục, bật tắt qua ứng dụng tất cả các thiết bị trên hệ thống và đo đặc ghi nhận các thông số EC, pH, nhiệt độ của dung dịch dinh dưỡng được pha trộn. Các giá trị này được lưu trữ trên trung tâm dữ liệu và được thể hiện dưới dạng biểu đồ hiển thị trên ứng dụng.

Trong quá trình gia công, giàn khung sắt được gia công hàn khá nhiều và khó, có những lúc gia công hàn 6G (kiểu khó nhất trong gia công hàn vì không có điểm tựa).

7.2. Những điểm cần khắc phục

Thiết kế lại giàn khung sắt để dễ dàng định tâm và tránh hàn quá nhiều, gây biến dạng vật liệu.

Thêm các chức năng còn lại của ứng dụng như: cài đặt giống cây, cài đặt tài khoản người dùng, chia sẻ thông tin cho bạn bè, tin tức hay về các giống cây và hướng dẫn trồng cây.

Để sản phẩm thực sự được dùng để trang trí trong nhà thì cần có các thiết kế kiểu dáng công nghiệp.

7.3. Những đề xuất phát triển trong tương lai

Tiến tới phát triển để trở thành một hệ thống aquaponics hoàn chỉnh.

Thử nghiệm trồng và ghi nhận số liệu với nhiều giống cây hơn nữa để kiểm định khả năng trồng thành công của hệ thống, Cùng với đó, quy trình chăm sóc được điều chỉnh sao cho phù hợp ứng với từng giống cây.

Với dữ liệu về các chỉ số của dung dịch dinh dưỡng và các chỉ số môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, cường độ ánh sáng thu thập được qua thời gian, cùng với các chỉ số về độ phát triển của cây có thể đo đạc được (tỉ số giữa chiều dài lá và đường kính thân cây – ratio of total leaf length to stem diameter – TLL/SD), hoàn toàn có thể sử dụng chúng

CHƯƠNG 7. KẾT LUẬN

làm tập mẫu cho quá trình học máy (machine learning) để có thể có được các quá trình trồng cây tốt hơn trong những lần sau. Trong sự kiện Google I/O 2018, trung tâm dữ liệu trực tuyến Firebase đã giới thiệu công cụ ML Kits (Machine learning kits) hỗ trợ các ứng dụng sử dụng trung tâm dữ liệu này có thể dễ dàng dùng dữ liệu của mình cho các thuật toán học máy mà công cụ này xây dựng sẵn [67]. Với việc các dữ liệu được lưu trữ trên trung tâm dữ liệu này, đây là một lợi thế có thể tận dụng được trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rui Hai Liu. “*Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals*”. The American Journal of Clinical Nutrition, Volume 78, Issue 3, 1 September 2003, Pages 517S–520S, <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.517S>
- [2] Van't Veer, P., Jansen, M., Klerk, M., & Kok, F. (2000). “*Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease*”. Public Health Nutrition, 3(1), 103-107. doi:10.1017/S1368980000000136
- [3] Hoài Nam. “*Rau ruộng trộn VietGAP - Kỳ 2: Người tiêu dùng bị lừa*”. [Online]. Available: <https://thanhnien.vn/thoi-su/rau-ruong-tron-vietgap-ky-2-nguo-tieu-dung-bi-lua-513480.html> [Accessed: 3-March-2018].
- [4'] Grow Guru Horticulture (2015). “*Types of Hydroponic Systems: Intro to Soilless Growing*”. [Online]. Available: <https://growguru.co.za/blogs/hydroponic/types-of-hydroponic-systems-intro-to-soilless-growing> [Accessed: 3-March-2018].
- [5] Narasimhamoorthy, B., E. B. Blancaflor, J. H. Bouton, M. E. Payton, and M. K. Sledge (2007). “*A Comparison of Hydroponics, Soil, and Root Staining Methods for Evaluation of Aluminum Tolerance in Medicago truncatula (Barrel Medic) Germplasm*”.
- [6] Rau xanh Cá sạch. “*Hệ thống Rau Xanh Cá Sạch Aquaponics là gì?*” [Online]. Available: <http://rauxanhcasach.vn/> [Accessed: 3-March-2018].
- [7] Aquaponics System. “*Aquaponics Systems.*” [Online]. Available: <http://www.aquaponicssystems.net/> [Accessed: 3-March-2018].
- [8] Grozinegrozine. “*High Crop Production Aquaponics.*” [Online]. Available: <http://www.grozine.com/2014/06/17/high-crop-production-aquaponics/> [Accessed: 3-March-2018].
- [9] Chánh Trung, “*Trồng rau không cần đất*”. [Online]. Available: <http://nld.com.vn>. Báo Người lao động. [Accessed: 3-March-2018].

- [10] Tower Farms. “*Harness vertical aeroponic farming technology to help all of humanity*”. [Online]. Available: <https://www.towerfarms.com/us/en/advantages> [Accessed: 3-March-2018].
- [11] Phan Lê Cường. “*Những lưu ý trước khi lắp đặt trại khí canh*”. [Online]. Available: <https://phanlecuong.com/nong-nghiep-hien-dai/nhung-luu-y-truoc-khi-lap-dat-tru-khi-canhang-74.html> [Accessed: 3-March-2018].
- [12] Andy. “*Rotational Hydroponics – Do Cartwheels, Feed People*”. [Online]. Available: <http://engineeringourfreedom.blogspot.com/2011/05/do-cartwheels-feed-people.html> [Accessed: 3-March-2018].
- [13] Amy Leibrock. “*The ‘Omega Garden’ takes hydroponics for a spin.*” [Online]. Available: Sustainable America blog – <http://www.sustainableamerica.org/blog/the-omega-garden-takes-hydroponics-for-a-spin/> [Accessed: 4-March-2018].
- [14] Timon Singh. “*Revolutionary Green Wheel hydroponic garden grows food faster with NASA technology.*” [Online]. Available: <https://inhabitat.com/the-green-wheel-is-a-nasa-inspired-rotary-hydroponic-garden/> [Accessed: 4-March-2018].
- [15] Josh Dzieza. “*Grove Labs wants to put a tiny farm in your kitchen.*” [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2014/11/18/7242771/grove-labs-wants-to-put-a-tiny-farm-in-your-kitchen> [Accessed: 5-March-2018].
- [16] Robin Plaskoff Horton. “*Small Space Smart Combo Aquaponic, Hydroponic, Aeroponic Indoor Garden.*” [Online]. Available: <http://www.urbangardensweb.com/2017/04/01/plug-n-grow-urban-farms/> [Accessed: 5-March-2018].
- [17] Dave LeClair. “*EcoQube C fish tank uses a plant to clean its water.*” [Online]. Available: <https://newatlas.com/ecoqube-c-low-maintenance-fish-tank/37253/> [Accessed: 5-March-2018].
- [18] Hachi. “*Hachi - Nông nghiệp thông minh - Giải pháp nông nghiệp công nghệ cao.*” [Online]. Available: <http://hachi.com.vn/> [Accessed: 1-April-2018].

- [19] Upfarm. “*Forest - Vườn thông minh đa tầng.*” [Online]. Available: <https://upfarm.io/product/forest-vuong-thong-minh-da-tang/> [Accessed: 1-April-2018].
- [20] BatriVina. “*Trồng rau sạch trụ đứng khí canh công nghệ NASA*”. [Online]. Available: <http://batrivina.com/san-pham/phu-kien-thuy-canhs/trong-rau-sach-kieu-my-tru-dung-khi-canhs-cong-nghe-nasa.html>. [Accessed: 9-March -2018].
- [21] Chohoaonline. “*Các Dạng Hệ Thống Thủy Canh*”. [Online]. Available: <http://chohoaonline.com/t/cac-dang-he-thong-thuy-canhs> [Accessed: 3-March-2018].
- [22] Công Thành. “*Kỹ thuật cơ bản trong trồng và chăm sóc rau thủy canh*”. [Online]. Available: <http://nongnghieptre.com/ky-thuat-co-ban-trong-trong-va-cham-soc-rau-thuy-canhs/> [Accessed: 10-April-2018].
- [23] Grabiels. “*Ebb and Flow Hydroponic System Design*”. [Online]. Available: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/b4da40ef78a7885ae09633c6199f02f1/Ebb-and-Flow-Hydroponic-System-Design> [Accessed: 10-April-2018].
- [24] Farmer Tyler (2015). “*Hydroponic FERRIS Wheels!*”. [Online]. Available: <http://farmertyler.com/blog/2015/02/03/hydroponic-ferris-wheels> [Accessed: 10-April-2018].
- [25] Ronn Torossian (2016). “*Aquaponics farm mixes charity with activism*”. [Online]. Available: <http://ronntorossianfoundation.com/charity-with-activism/> [Accessed: 10-April-2018]
- [26] WikiPedia. “*pH*” [Online]. Available: <https://vi.wikipedia.org/wiki/PH> [Accessed: 10-April-2018].
- [27] Nguyễn Văn Thắng, Trần Khắc Thi. “*Sổ tay người trồng rau*”.
- [28] Tạ Thu Cúc. “*Giáo trình kỹ thuật trồng rau*”. *Sở Giáo Dục và Đào Tạo Hà Nội*.
- [29] Lê Thị Khanh, “*Bài giảng Cây rau*” Trường ĐH Nông Lâm Huế.
- [30] N. V. T. Tô Thị Thu Hà, Ngô Thị Hạnh, Lê Thị Tình, Trịnh Khắc Quang, “*Kỹ thuật trồng và chăm sóc xà lách, cải củ bí ngoài của hàn quốc tại miền bắc Việt Nam*”.

- [31] Nature & Nurture Seeds. “*Grand Rapids Lettuce*”. [Online]. Available: <https://natureandnurtureseeds.com/products/grand-rapids>. [Accessed: 10-April-2018].
- [32] Christie Danna. “*Top 15 Best Hydroponic Grow Lights 2018: Compare, Buy & Save*”. [Online]. Available: <https://heavy.com/garden/2015/09/best-full-spectrum-grow-lights-hydroponics-for-sale-reviews-bulbs-cannabis-marijuana/> [Accessed: 1-April-2018]
- [33] Oriental Motor General Catalogue. “*Technical Reference*”, p. H-1 – p. H-17.
- [34] Nguyễn Hữu Lộc. “*Cơ sở thiết kế máy*”. Tái bản lần thứ 6 (2013). Nhà xuất bản đại học quốc gia TP. HCM.
- [35] “*Động cơ giảm Tốc DS400.110/S555S.*” [Online]. Available: <http://mualinhkien.vn/san-pham/1898/dong-co-giam-toc-1224v-ds400.html>. [Accessed: 20-April-2018].
- [36] Trịnh Chất, Lê Văn Uyễn. “*Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động - Tập 1*”. Tái bản lần thứ mười (2010). Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam.
- [37] Atmel. “*Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V – 8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash – Datasheet*”.
- [38] Espressif. “*ESP8266EX – Datasheet*”.
- [39] Dallas semiconductor. “*DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer – Datasheet*”.
- [40] DFRobot. “*Waterproof DS18B20 Digital Temperature Sensor*”. [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-689.html>. [Accessed: 10-April-2018].
- [41] ShowRange. “*Electrode*”. p. 2. [Online]. Available: <http://www.china-total.com/Product/meter/PH-electrode/electrode2.htm>. [Accessed: 10-April-2018].
- [42] DFRobot. “*Analog EC Meter SKU:DFR0300*”. [Online] Available: https://www.dfrobot.com/wiki/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300 [Accessed: 10-April-2018].
- [43] DFRobot. “*Gravity: Analog Electrical Conductivity Sensor / Meter*”. [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1123.html>. [Accessed: 10-April-2018].

- [44] Pete Anson. “*Temperature Compensation Algorithms for Conductivity*”. [Online]. Available: <https://www.analyticexpert.com/2011/03/temperature-compensation-algorithms-for-conductivity>. [Accessed: 10-April-2018].
- [45] DFRobot. “*Industrial pH electrode(SKU:FIT0348)*”. [Online]. Available: [https://www.dfrobot.com/wiki/Industrial_pH_electrode\(SKU:FIT0348\)](https://www.dfrobot.com/wiki/Industrial_pH_electrode(SKU:FIT0348)). [Accessed: 10-April-2018].
- [46] DFRobot. “*Gravity: Analog pH Sensor / Meter Pro Kit*”. [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1025.html>. [Accessed: 10-April-2018].
- [47] Nick Mukanos. “*Everything You Need to Know About pH Sensor Calibration*”. [Online]. Available: <https://sensorex.com/blog/2016/05/09/ph-sensor-calibration/>. [Accessed: 10-April-2018].
- [48] All-about-pH.com. “*How to perform a pH meter calibration*”. [Online]. Available: <https://www.all-about-ph.com/ph-meter-calibration.html>. [Accessed: 10-April-2018].
- [49] Fred Kohlmann. “*Measuring pH of ultrapure water in power industry applications*”. [Online]. Available: <https://www.isa.org/intech/201502web>. [Accessed: 10-April-2018].
- [50] Aosong Electronics. “*Temperature and humidity module – DHT11 Product Manual*”.
- [51] ROHM Semiconductor. “*Ambient Light Sensor – IC Series Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC – BH1750FVI – Technical Note*”.
- [52] Infineon Technologies. “*BTS 7960 – High Current PN Half Bridge – NovalithIC™ – 43 A, 7 mΩ + 9 mΩ – Datasheet*”.
- [53] maybommini.com. “*Máy bom chìm hồ cá hòn non bộ 5W 12V DC-808*”. [Online]. Available: <https://maybommini.com/san-pham/may-bom-chim-ho-ca-hon-non-bo-5w-12v-dc-808>. [Accessed: 10-April-2018].
- [54] banlinhkien.com. “*Công Tắc Phao Cảm Biến Mực Nước MH16P*”. [Online]. Available: <http://banlinhkien.vn/goods-3810-cong-tac-phao-cam-bien-muc-nuoc>

mh16p.html. [Accessed: 10-April-2018].

- [55] banlinhkien.com. “*Van Nước Áp Suất VNA12 DC12V Thường Đóng*”. [Online]. Available: <http://banlinhkien.vn/goods-9212-van-nuoc-ap-suat-vna12-dc12v-thuong-dong.html>. [Accessed: 10-April-2018].
- [56] Kamoer Fluid Tech. “*Kamoer NKP Peristaltic pump – Product Manual*”.
- [57] DFRobot. “*Gravity: Digital Water Flow Sensor*”. [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1531.html>. [Accessed: 10-April-2018].
- [58] Songle Relay. “*Songle Relay ISO9002 SRD – Datasheet*”.
- [59] Worldsemi. “*WS2812B – Intelligent control LED intergrated light source – Datasheet*”.
- [60] Lacey Macri. “*Measuring, Analyzing, and Adjusting Hydroponic Nutrient Solutions*”. [Online]. Available: <https://www.maximumyield.com/measuring-analyzing-and-adjusting-hydroponic-nutrient-solutions/2/3744> [Accessed: 10-April-2018].
- [61] Charles Alex Miller “*How do I Calculate the Amount of Acid to Reduce Water pH?*” [Online]. Available: <https://sciencing.com/do-acid-reduce-water-ph-6890711.html> [Accessed: 10-April-2018].
- [62] Phan Văn Hiếu. “*Giới thiệu Google Firebase – Realtime Database system*” [Online]. Available: <https://viblo.asia/p/gioi-thieu-google-firebase-realtime-database-system-phan-1-1Je5EMVm5nL> [Accessed: 10-April-2018].
- [63] James Vincent (The Verge). “*99.6 percent of new smartphones run Android or iOS*”. [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2017/2/16/14634656/android-ios-market-share-blackberry-2016> [Accessed: 10-April-2018].
- [64] Sam Byford (The Verge). “*MIT App Inventor service now open to all Android developers*”. [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2012/3/5/2845826/mit-app-inventor-android-open-beta> [Accessed: 10-April-2018].

- [65] Việt Dũng (Tinh tế). “*Giới thiệu về ngôn ngữ Drag and Drop của MIT App Inventor*”. [Online]. Available: <https://tinhte.vn/threads/gioi-thieu-ve-ngon-ngu-drag-and-drop-cua-mit-app-inventor.2714263/> [Accessed: 10-April-2018].
- [66] Tom Warren. “*Google announces Android Studio, a new dev environment for Android*”. [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2013/5/15/4333534/google-android-studio> [Accessed: 10-April-2018].
- [67] Mishaal Rahman. “*Google’s ML Kit is a new Firebase SDK that takes the headache out of machine learning*”. [Online]. Available: <https://www.xda-developers.com/google-ml-kit-machine-learning/> [Accessed: 15-May-2018].