

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN

Đề Tài: Nghiên Cứu Hệ Thống Chiếu Sáng Cho Nhà Xưởng Kết
Hợp Công Nghệ Iot Và Nguồn Pin Năng Lượng Mặt Trời

HÀ NỘI, 05/2026

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHOA CƠ – ĐIỆN



**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

Đề Tài: Nghiên Cứu Hệ Thống Chiếu Sáng Cho Nhà Xưởng Kết
Hợp Công Nghệ Iot Và Nguồn Pin Năng Lượng Mặt Trời

Trưởng nhóm nghiên cứu:	Hứa Văn Diên	Điện công nghiệp A K68
Thành viên tham gia :	Nguyễn Trọng Cường	Điện công nghiệp A K68
	Nguyễn Ngọc Hiệp	Điện công nghiệp A K68
Người hướng dẫn :	Ts.Ngô Thanh Tuấn	

HÀ NỘI, 05/2026

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	4
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	5
LỜI MỞ ĐẦU	6
1. Tính cấp thiết của đề tài	6
2. Mục tiêu của đề tài	6
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	7
4. Nội dung nghiên cứu và ý nghĩa khoa học thực tiễn của đề tài	8
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH VÀ NGUỒN PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI.....	9
1.1. Khái quát về hệ thống chiếu sáng thông minh và vai trò của hệ thống chiếu sáng thông minh.....	9
1.1.1. Khái niệm hệ thống chiếu sáng thông minh	9
1.1.2. Cấu tạo hệ thống chiếu sáng thông minh.....	9
1.1.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống chiếu sáng thông minh.....	10
1.2.1. Khái niệm về hệ thống điện mặt trời	10
1.2.2. Cấu tạo của hệ thống điện mặt trời	10
1.2.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống điện năng lượng mặt trời	11
1.2.4. Vai trò của hệ thống chiếu sáng thông minh khi kết hợp hệ thống pin năng lượng mặt trời	12
1.3. Khái niệm in quang điện. Đặc điểm nguồn pin quang điện	13
1.3.1. Pin quang điện là gì	13
1.3.2. Đặc điểm nguồn pin quang điện.....	14
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH	21

2.1.	Lý thuyết tổng hợp.....	21
2.1.1.	Các đại lượng ánh sáng.....	21
2.2.	Logic chiếu sáng thông minh	23
2.3.	Phương án chọn đèn cho không gian	24
2.3.1.	Nhu cầu cấp thiết hiện nay	24
2.3.2.	Phương án chọn đèn	26
CHƯƠNG 3. PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ CHO HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH.....		30
3.1.	Sơ đồ khối hệ thống chiếu sáng.....	30
3.2.	Sơ đồ hoạt động hệ thống chiếu sáng.....	31
3.2.1.	Vi điều khiển Esp 32.....	31
3.2.2.	Cảm biến ánh sáng LDR.....	32
CHƯƠNG 4. PHÂN TÍCH, TÍNH TOÁN VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG THIẾT KẾ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH		34
4.1.	Phân tích tính toán yêu cầu mô Hình hoạt động của hệ thống	34
4.2.	Sơ đồ nguyên lý của hệ thống chiếu sáng.....	36
4.3.	Sơ đồ kết nối.....	37
4.4.	Mô phỏng hệ thống trên Wooki	39
4.5.	Lưu đồ thuật toán.....	41
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN		42
5.1.	Kết quả thực nghiệm.....	42
5.2.	Đánh giá kết quả thực nghiệm.....	43
5.3.	Kết quả đạt được.....	45
Tài Liệu Tham Khảo.....		46

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Nguồn pin quang điện trong lưới điện phân phối.....	13
Hình 2. Cấu trúc vật lý và sơ đồ mạch điện thay thế của pin năng lượng mặt trời	15
Hình 3. Họ đặc tính $P-V$ ($W-V$)	16
Hình 4. Họ đặc tính $I-A$ ($A-V$)	16
Hình 5. Cấu trúc tấm pin năng lượng mặt trời	17
Hình 6. Vị trí lắp PV	17
Hình 7. Góc xoay của PV	18
Hình 8. Đồ thị sản xuất năng lượng trong ngày	18
Hình 9. Cấu trúc G-pin quang điện	19
Hình 10. Cấu trúc pin quang điện.....	20
Hình 11. Biểu đồ tiêu thụ điện.....	24
Hình 12. Bóng đèn LED dài	26
Hình 13. Bóng đèn pha	28
Hình 14. Vi điều khiển ESP 32	31
Hình 15. Cấu tạo cảm biến ánh sáng (LRD)	32
Hình 16. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống chiếu sáng	36
Hình 17. Sơ đồ kết nối.....	37
Hình 18. Mô phỏng hệ thống trên Wooki	39
Hình 19. Lưu đồ thuật toán.....	41
Hình 20. Hình ảnh thực tế mô hình	42

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1. Thông số bóng đèn LED dài	27
Bảng 2. Thông số bóng đèn pha	28
Bảng 3. Bảng thống kê linh kiện	38
Bảng 4. Bảng sơ đồ đấu nối.....	38

LỜI MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong giai đoạn hiện nay, do quá trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa nhu cầu sử dụng điện năng trong các nhà xưởng, khu công nghiệp ngày càng tăng mạnh. Trong đó, hệ thống chiếu sáng chiếm một phần đáng kể trong tổng điện năng tiêu thụ của nhà xưởng. Việc sử dụng hệ thống chiếu sáng truyền thống không chỉ gây lãng phí điện năng mà còn làm tăng chi phí vận hành cho doanh nghiệp. Bên cạnh đó, nguồn năng lượng hóa thạch đang dần cạn kiệt và gây ra nhiều tác động tiêu cực đến môi trường như hiệu ứng nhà kính và ô nhiễm không khí. Vì vậy, việc nghiên cứu và ứng dụng các nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là năng lượng mặt trời, đang trở thành xu hướng tất yếu nhằm giảm áp lực cho lưới điện quốc gia và hướng tới phát triển bền vững.

Ngoài ra, sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ Internet đã mở ra khả năng giám sát và điều khiển thiết bị từ xa một cách thông minh, giúp tối ưu hóa việc sử dụng điện năng, nâng cao tính tự động hóa và hiệu quả quản lý hệ thống. Xuất phát từ những yêu cầu thực tiễn trên, đề tài “Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời” mang tính cấp thiết cao, có ý nghĩa trong việc tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí vận hành và nâng cao hiệu quả sử dụng điện trong công nghiệp.

2. Mục tiêu của đề tài

Đề tài “Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời” được thực hiện với mục tiêu nghiên cứu, thiết kế và xây dựng một hệ thống chiếu sáng thông minh đáp ứng nhu cầu cho doanh nghiệp và nhỏ có khả năng sử dụng nguồn năng lượng tái tạo nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng trong nhà xưởng. Trong bối cảnh nhu cầu sử dụng điện trong công nghiệp ngày càng tăng. Đặc biệt là hệ thống chiếu sáng hoạt động liên tục với công suất lớn, việc ứng dụng năng

lượng mặt trời kết hợp công nghệ điều khiển thông minh là giải pháp cần thiết nhằm tiết kiệm điện năng và giảm áp lực cho lưới điện quốc gia.

Đề tài tập trung nghiên cứu việc sử dụng pin năng lượng mặt trời để cung cấp nguồn điện cho hệ thống chiếu sáng, đồng thời kết hợp công nghệ IoT để thực hiện chức năng giám sát và điều khiển từ xa thông qua điện thoại thông minh hoặc máy tính có kết nối Internet. Hệ thống được xây dựng nhằm đáp ứng khả năng tự động nhận diện trạng thái đèn theo thời gian, theo điều kiện ánh sáng môi trường hoặc theo nhu cầu sử dụng thực tế trong nhà xưởng.

Bên cạnh đó, đề tài còn hướng đến việc nghiên cứu và tính toán công suất chiếu sáng phù hợp với quy mô nhà xưởng, lựa chọn các thiết bị như đèn LED tiết kiệm điện, tấm pin năng lượng mặt trời, bộ điều khiển sạc, ắc quy lưu trữ và vi điều khiển trung tâm nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, an toàn và có hiệu quả kinh tế cao. Đồng thời, việc xây dựng mô Hình thực nghiệm giúp kiểm tra khả năng hoạt động thực tế của hệ thống, đánh giá hiệu quả tiết kiệm năng lượng cũng như khả năng ứng dụng vào thực tế sản xuất công nghiệp.

Thông qua quá trình nghiên cứu và triển khai, đề tài hướng tới mục tiêu góp phần phát triển các giải pháp chiếu sáng thông minh sử dụng năng lượng sạch, giảm chi phí vận hành cho doanh nghiệp, nâng cao tính tự động hóa trong công nghiệp và phù hợp với xu hướng phát triển công nghiệp 4.0 hiện nay. Đồng thời, kết quả nghiên cứu của đề tài còn có thể làm cơ sở cho việc mở rộng và ứng dụng vào các hệ thống chiếu sáng dân dụng, kho bãi, khu công nghiệp hoặc các mô Hình quản lý năng lượng thông minh trong tương lai.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là hệ thống chiếu sáng thông minh cho nhà xưởng sử dụng nguồn pin năng lượng mặt trời kết hợp công nghệ IoT nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng và khả năng tự động hóa trong quá trình vận hành. Hệ thống nghiên cứu bao gồm các thiết bị như tấm pin năng lượng mặt trời, bộ lưu trữ điện, đèn LED, vi điều khiển ESP32 và hệ thống điều khiển, giám sát từ xa thông qua Internet. Đề tài tập trung

nghiên cứu, thiết kế và xây dựng mô Hình hệ thống chiếu sáng nhà xưởng ở quy mô thực nghiệm, đồng thời thực hiện tính toán chiếu sáng, thiết kế hệ thống điện mặt trời và lập trình điều khiển hệ thống bằng công nghệ IoT. Nội dung nghiên cứu chủ yếu hướng đến khả năng ứng dụng thực tế trong các nhà xưởng vừa và nhỏ, không đi sâu nghiên cứu công nghệ chế tạo pin năng lượng mặt trời hoặc các hệ thống điện công suất lớn.

4. Nội dung nghiên cứu và ý nghĩa khoa học thực tiễn của đề tài

Đề tài tập trung nghiên cứu hệ thống chiếu sáng thông minh cho nhà xưởng sử dụng nguồn pin năng lượng mặt trời kết hợp công nghệ IoT nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng và khả năng tự động hóa trong quá trình vận hành. Nội dung nghiên cứu bao gồm khảo sát nhu cầu chiếu sáng trong nhà xưởng, tính toán công suất hệ thống đèn LED, thiết kế hệ thống cung cấp điện bằng năng lượng mặt trời gồm tấm pin, bộ điều khiển sạc và ắc quy lưu trữ. Đồng thời, đề tài nghiên cứu ứng dụng vi điều khiển ESP32 để điều khiển hệ thống chiếu sáng và xây dựng hệ thống giám sát, điều khiển từ xa thông qua công nghệ IoT. Ngoài ra, đề tài còn tiến hành xây dựng mô Hình thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng hoạt động, hiệu quả tiết kiệm điện năng và khả năng ứng dụng thực tế của hệ thống.

Đề tài có ý nghĩa khoa học trong việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ IoT kết hợp năng lượng tái tạo vào hệ thống chiếu sáng thông minh, góp phần nâng cao khả năng tự động hóa và quản lý năng lượng trong công nghiệp. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để phát triển các hệ thống chiếu sáng thông minh và các mô Hình quản lý năng lượng theo xu hướng công nghiệp 4.0. Về mặt thực tiễn, đề tài giúp tiết kiệm điện năng, giảm chi phí vận hành cho nhà xưởng, tận dụng hiệu quả nguồn năng lượng mặt trời thân thiện với môi trường và nâng cao khả năng giám sát, điều khiển hệ thống từ xa. Hệ thống có khả năng ứng dụng rộng rãi trong các nhà xưởng, kho bãi và các mô Hình chiếu sáng thông minh hiện nay.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH VÀ NGUỒN PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

1.1. Khái quát về hệ thống chiếu sáng thông minh và vai trò của hệ thống chiếu sáng thông minh

1.1.1. Khái niệm hệ thống chiếu sáng thông minh

Hệ thống chiếu sáng là một tập hợp các thiết bị và công nghệ liên quan được kết nối và điều khiển nhằm mục đích tạo ra ánh sáng nhân tạo cho một không gian, phục vụ các nhu cầu như chiếu sáng công cộng, chiếu sáng đường phố, hoặc tạo ra môi trường sống và làm việc an toàn, tiện nghi. Hệ thống này có thể bao gồm đèn, cột đèn, dây điện, và các thiết bị điều khiển thông minh để người dùng có thể quản lý ánh sáng theo nhu cầu sử dụng.

1.1.2. Cấu tạo hệ thống chiếu sáng thông minh

Trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của công nghệ tự động hóa và xu hướng xây dựng đô thị thông minh, hệ thống chiếu sáng thông minh đã trở thành một trong những giải pháp quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, tối ưu hóa chi phí vận hành và đảm bảo tính bền vững. Hệ thống chiếu sáng cấu tạo gồm các bộ phận sau:

- Hệ thống bóng đèn Led là hệ thống có hiệu suất chiếu sáng cao và tiêu thụ ít điện năng, không những thế nó còn có tuổi thọ dài hơn những loại bóng đèn khác.
- Cảm biến ánh sáng (IR) hoạt động trên sự thay đổi ánh sáng của môi trường xung quanh từ đó chuyển tín hiệu về vi xử lý trung tâm để làm việc
- Vi xử lý trung tâm là bộ não của hệ thống chiếu sáng thông minh. Nó thu thập dữ liệu từ các cảm biến và thực hiện các thuật toán để điều khiển đèn LED theo điều kiện môi trường xung quanh hoặc theo người sử dụng.
- Ứng dụng người dùng là giao diện người dùng cho phép người dùng điều khiển hệ thống chiếu sáng từ xa thông qua các thiết bị như smartphone hoặc máy tính bảng.

- Hệ thống mạng wifi và bluetooth là hệ thống mạng không dây và đồng thời là móc xích quan trọng để liên kết các bộ phận trong hệ thống điều khiển.

1.1.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống chiếu sáng thông minh

Trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của công nghệ Internet vạn vật (IoT) và xu hướng xây dựng nhà ở, đô thị thông minh, hệ thống chiếu sáng không chỉ còn là chức năng bật/tắt đơn thuần mà đã trở thành một thành phần cốt lõi, mang tính tương tác cao. Mục này sẽ đi sâu vào nguyên lý vận hành của hệ thống chiếu sáng thông minh, vốn là sự kết hợp chặt chẽ giữa các thiết bị phần cứng thông minh (đèn LED và cảm biến) và phần mềm điều khiển. Nguyên lý hoạt động cơ bản được xây dựng trên cơ chế thu thập dữ liệu môi trường, xử lý thông tin tại bộ điều khiển trung tâm, và thực thi lệnh điều chỉnh ánh sáng một cách tự động và linh hoạt, đáp ứng chính xác nhu cầu chiếu sáng thực tế và tối ưu hóa hiệu quả năng lượng.

Ngoài ra cũng có thể sử dụng ứng dụng người dùng là giao diện người dùng trên smartphone hoặc máy tính bảng kết nối với vi xử lý qua wifi hoặc bluetooth để điều khiển hệ thống bóng đèn Led. Trên ứng dụng, người dùng có thể điều chỉnh cường độ ánh sáng phù hợp với nhu cầu sử dụng và có thể kết nối ở bất kỳ đâu và bất cứ khi nào có kết nối internet.

1.2.1. Khái niệm về hệ thống điện mặt trời

Hệ thống điện mặt trời là hệ thống biến đổi ánh sáng năng lượng mặt trời trực tiếp thành điện năng thông qua các tấm pin mặt trời (hệ quang điện). Năng lượng mặt trời cung cấp một nguồn năng lượng vô hạn, không sinh ra khí thải CO₂ và đặc biệt là không mất chi phí khi sử dụng, bởi vậy đây là nguồn năng lượng tái tạo vô cùng sạch, đáng tin cậy và mang lại nhiều giá trị cho con người.

1.2.2. Cấu tạo của hệ thống điện mặt trời

Hiện nay hệ thống điện mặt trời đang được con người đưa vào sử dụng rộng rãi trong gia đình cũng như cuộc sống hằng ngày. Để khai thác hiệu quả nguồn năng lượng

mặt trời, con người đã phát triển các hệ thống chuyên dụng với cấu tạo rõ ràng và nguyên lý hoạt động khoa học. Vậy hệ thống điện mặt trời gồm các bộ phận chính sau:

- Tấm pin mặt trời: hay còn được gọi là pin quang điện, pin năng lượng mặt trời là thiết bị chuyển đổi quang năng thành điện năng, điện năng được tạo ra này còn được gọi phổ biến là điện năng lượng mặt trời. Cơ chế hoạt động của thiết bị này dựa trên hiệu ứng quang điện trong vật lý.

- Bộ Inverter: là bộ chuyển đổi dòng điện áp một chiều (DC) thành dòng điện áp xoay chiều (AC). Thiết bị này thường được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị điện gia dụng

- Bộ lưu trữ điện năng (Ắc quy): là thiết bị giúp tích trữ điện năng và giải phóng khi cần thiết. Bộ lưu trữ điện năng hoạt động bằng cách chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng hóa học trong quá trình sạc và sau đó giải phóng điện khi cần sử dụng. Bộ lưu trữ rất quan trọng trong hệ thống điện, đặc biệt là các hệ thống năng lượng tái tạo như điện mặt trời và điện gió. Chúng giúp ổn định nguồn điện, giảm sự phụ thuộc vào lưới điện, và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng sạch.

- Bộ điều khiển sạc: là thiết bị quan trọng trong hệ thống điện mặt trời, giúp quản lý và điều chỉnh quá trình sạc pin một cách an toàn và hiệu quả. Không những vậy bộ điều khiển sạc còn có nhiệm vụ kiểm soát dòng điện và điện áp từ các tấm pin mặt trời trước khi nạp vào ắc quy, bảo vệ hệ thống khỏi tình trạng sạc quá mức hoặc xả quá sâu.

1.2.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống điện năng lượng mặt trời

Hiện nay, trên thị trường có rất nhiều các hệ thống năng lượng mặt nhau với nhiều mức giá khác nhau với giá thành từ cao cho đến thấp. Phụ thuộc vào giá thành mà nhà sản xuất làm ra những hệ thống từ sơ xài cho đến phức tạp để đáp ứng đúng nhu cầu của người tiêu dùng trong quá trình sử dụng. Nhưng nhìn chung hệ thống pin năng lượng mặt trời hiện nay đều hoạt động theo một nguyên lý chung khá là đơn giản. Đầu tiên hệ thống pin năng lượng mặt trời được lắp đặt ở mái nhà, vách tường hoặc những nơi thuận lợi để tiếp

thu nhiều ánh nắng mặt trời nhất. Ánh sáng mặt trời chiếu thẳng vào pin mặt trời sẽ được biến đổi thành dòng điện một chiều theo hiệu ứng quang điện.

Dòng điện một chiều này sẽ được thiết bị inverter chuyển đổi dòng điện kích lên thành dòng điện xoay chiều. Khi dòng điện được kích lên thành điện xoay chiều sin chuẩn 220v có cùng công suất và tần số với điện lưới. Thì thông qua sạc NLMT sẽ sạc đầy hệ thống ắc quy lưu trữ. Sau đó trực tiếp hòa vào điện lưới nhà nước. Cả hai nguồn điện sẽ song song cung cấp điện cho các tải tiêu thụ điện. Tuy nhiên sẽ ưu tiên sử dụng điện mặt trời. Chỉ khi điện mặt trời không sản sinh đủ cung cấp cho hệ thống thì các tải tiêu thụ mới nhận điện từ điện lưới.

1.2.4. Vai trò của hệ thống chiếu sáng thông minh khi kết hợp hệ thống pin năng lượng mặt trời

Trong những năm gần đây, hệ thống chiếu sáng thông minh khi kết hợp hệ thống pin năng lượng mặt trời đang dần được phổ biến trong đời sống của con người. Nó trở thành xu hướng của tương lai với những tiện nghi cũng như là sự an toàn mà nó mang lại cho đời sống của con người. Không những vậy, nguồn năng lượng mặt trời được xem là nguồn năng lượng vĩnh cửu mà con người đang khai thác và sử dụng. Những lợi ích và vai trò mà thiết bị chiếu sáng thông minh cùng với nguồn năng lượng mặt trời mang lại góp phần phát triển xã hội con người cho tới ngày nay:

- Giúp bầu không khí trong sạch: Không giống như các nguồn năng lượng hóa thạch, điện mặt trời không gây ô nhiễm không khí, nước hoặc đất. Nó giúp bảo vệ hệ sinh thái và giảm lượng khí thải CO₂ và chống biến đổi khí hậu.

- Lợi ích kinh tế: So với việc sử dụng nguồn lưới điện quốc gia, thì sử dụng điện năng lượng mặt trời sẽ tiết kiệm hơn cho bạn khá nhiều. Giờ đây đã không còn phụ thuộc quá nhiều vào lưới điện quốc gia nữa, mỗi gia đình có thể trang bị một hệ thống điện năng lượng mặt trời để có thể chủ động hơn trong quá trình sử dụng điện, đảm bảo được luôn sẵn nguồn điện để chúng ta sử dụng và hơn thế chúng ta có thể quản lý được lượng điện tiêu thụ qua hệ thống thông minh.

- Cung cấp năng lượng sạch: Hệ thống điện mặt trời giúp khai thác năng lượng từ ánh sáng mặt trời và chuyển hóa thành điện năng mà không tạo ra khí thải độc hại. Điều này giúp giảm ô nhiễm môi trường và hạn chế sự nóng lên toàn cầu.
- Đảm bảo an ninh năng lượng: Điện mặt trời giúp giảm sự phụ thuộc vào nguồn điện lưới, đặc biệt là trong các khu vực xa xôi hoặc nơi có hệ thống điện không ổn định. Nó cung cấp một nguồn điện độc lập, giúp đảm bảo nguồn năng lượng liên tục
- Tạo ra sự thoải mái cho con người: Hệ thống điện chiếu sáng giúp điều chỉnh ánh sáng phù hợp với mục đích sử dụng trong từng trường hợp. từ đó tạo ra cảm giác thư thái bảo vệ mắt của người sử dụng trước những tác nhân môi trường xung quanh.

1.3. Khái niệm in quang điện. Đặc điểm nguồn pin quang điện

1.3.1. Pin quang điện là gì



Hình 1. Nguồn pin quang điện trong lưới điện phân phối

Ngày nay, các nguồn phân tán đang được phát triển mạnh trong lưới điện phân phối (Power Distribution Grid), lưới điện thông minh (Smart Grid). Đặc biệt, với các loại nguồn sử dụng năng lượng tái tạo tại chỗ như pin quang điện (PV) đang được khuyến khích khai thác triệt để với giải công suất nhỏ. Các PV Array (Pin Quang Điện) được lắp đặt trực tiếp trên các tòa nhà, căn hộ, hoặc lắp đặt tại các bãi trống....

Việc lắp đặt nguồn pin quang điện trên các tòa nhà lớn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật cao, tuy nhiên cũng gặp phải nhiều khó khăn do phụ thuộc điều kiện thực tế, công cụ tính toán, phân tích lưới còn nhiều hạn chế lựa chọn cấu trúc tối ưu cho mạng điện lai G pin quang điện cấp điện cho tòa nhà trên cơ sở dữ liệu thực, bao gồm: các diện tích lắp đặt, vĩ độ, kinh độ, các góc phương vị, cấu Hình PV-Inverter, đặc điểm hộ phụ tải và hiện trạng lưới điện tòa nhà,... Để áp dụng đối với báo cáo này, các nghiên cứu có sử dụng phần mềm ETAP đảm bảo cho việc mô Hình hóa mô phỏng mạng điện chính xác, tin cậy, thiết bị được lựa chọn theo chuẩn quốc tế. Các thông số mạng điện luôn được kiểm soát để làm cơ sở cho điều khiển và tự động hóa mạng điện

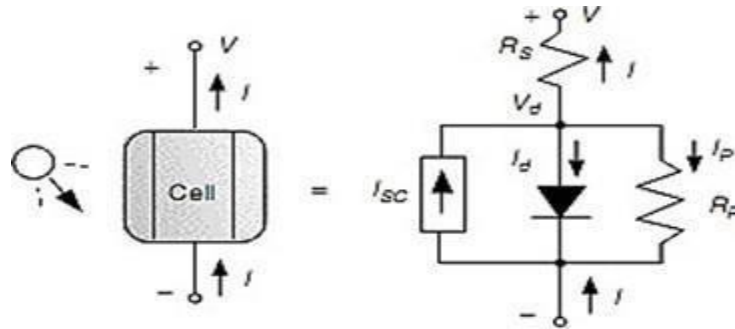
Trước đây, những mô Hình khai thác nguồn phân tán kiểu này chưa được phát triển bởi những lý do chính sau:

- Sản phẩm PV chưa đáp ứng được các yêu cầu thực tế cả về chất lượng và giá thành.
- Chưa có sự kết hợp thỏa đáng của các bộ biến đổi điện tử nhằm đảm bảo chất lượng điện năng và kết nối lưới linh hoạt.

Ngày nay, những yếu điểm trên đã được giải quyết thỏa đáng, cả về nghiên cứu lý thuyết và thực tiễn.

1.3.2. Đặc điểm nguồn pin quang điện

Pin quang điện (PV) là thiết bị chuyển đổi năng lượng của bức xạ mặt trời thành điện năng. Một tế bào PV cell hay tổng quát cho một PV Array có thể được mô tả bằng mHình vật lý và sơ đồ mạch điện thay thế

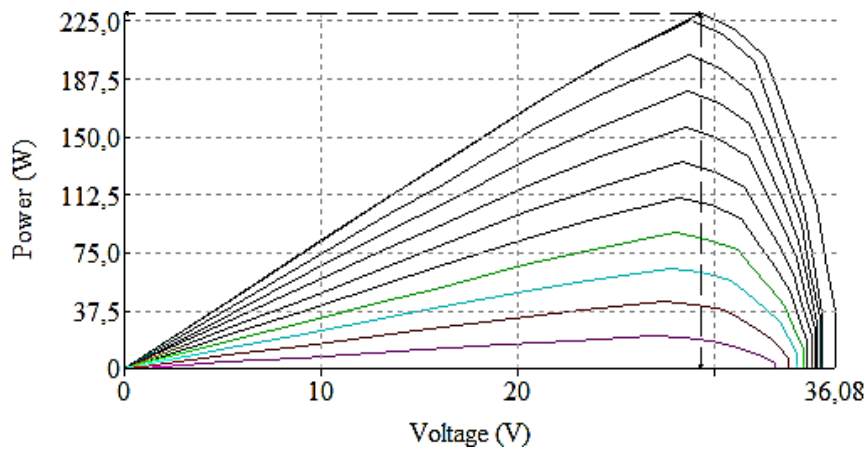


Hình 2. Cấu trúc vật lý và sơ đồ mạch điện thay thế của pin năng lượng mặt trời

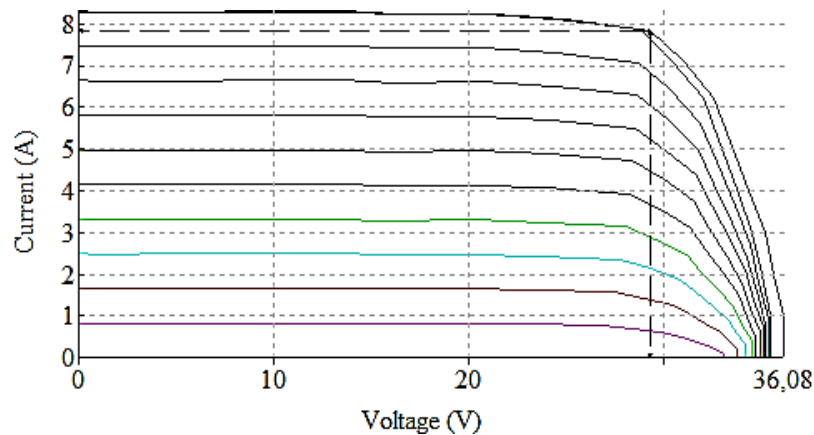
$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{kT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

- Trong đó:
- I_d là dòng điện qua diode (A),
 - V_d là điện áp trên diode (V),
 - I_0 là dòng điện ngược bão hòa $I_0 \approx 10^{-12}$ A/cm² (A),
 - q là điện lượng của electron, $q = 1,602 \times 10^{-19}$ (C),
 - k là hằng số Boltzmann, $k = 1,381 \times 10^{-23}$ (J/K),
 - T là nhiệt độ tại tiếp giáp (K)

Dựng hai đặc tính V-I và V-P của một PV panel được trích dẫn từ đặc tính của một PV panel Model QQ.BBAASSEE 215- 230 do ETAP cung cấp như trên Hình 3 và 4

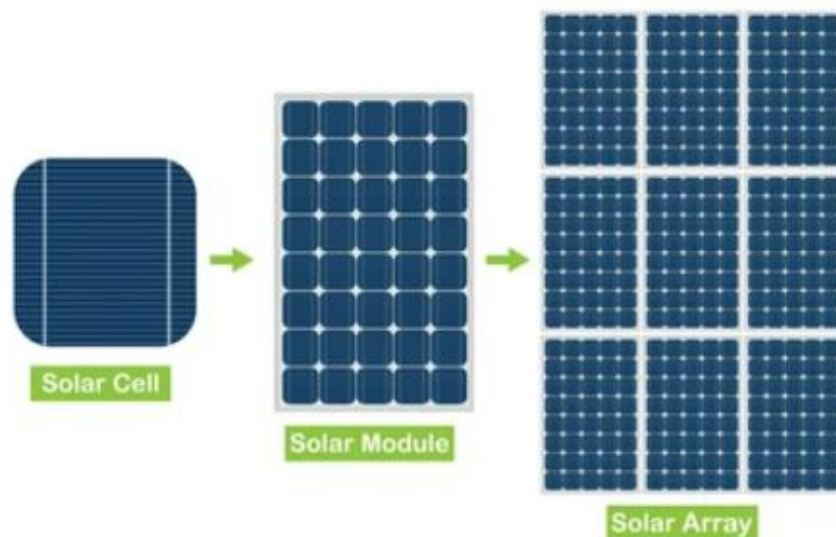


Hình *Error! Bookmark not defined.* Họ đặc tính $P_V(W_V)$



Hình 4. Họ đặc tính I-A (A-V)

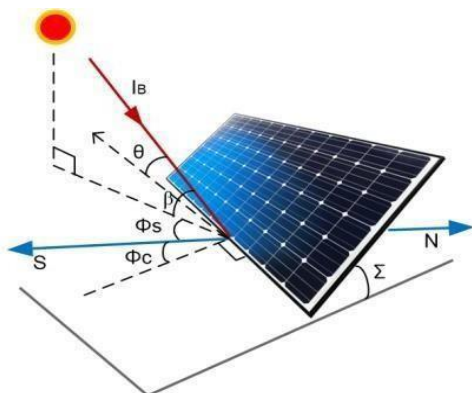
Trong đó thể hiện những yếu tố rất quan trọng cần thiết cho tính toán thiết kế và khai thác sử dụng nguồn pin mặt trời. Từ các PV cell sẽ được tổ hợp thành nguồn điện theo phương thức: PV Cell $\rightarrow$ PV Modul $\rightarrow$ PV Panel $\rightarrow$ PV Array như mô tả trên Hình



Hình 5. Cấu trúc tấm pin năng lượng mặt trời

Thông thường các pin quang điện được khai thác trong dải BXMT (200 – 1000) W/m². Chú ý rằng, BXMT mà pin quang điện nhận được luôn thay đổi do phụ thuộc một số yếu tố sau:

- Trạng thái lắp đặt pin quang điện thể hiện qua: vị trí địa lý (vĩ độ, kinh độ), góc nghiêng Σ , các góc phương vị ϕ_c như mô tả trên Hình 6
- Giờ trong ngày: vị trí mặt trời thể hiện qua góc hướng mặt trời ϕ_s , góc độ cao β như mô tả trên Hình



Hình 6. Vị trí lắp PV

Trong thực tế, các pin quang điện có thể điều khiển góc xoay nhằm đón nhận được cường độ bức xạ mặt trời lớn nhất tại các thời điểm như mô tả trên Hình sau



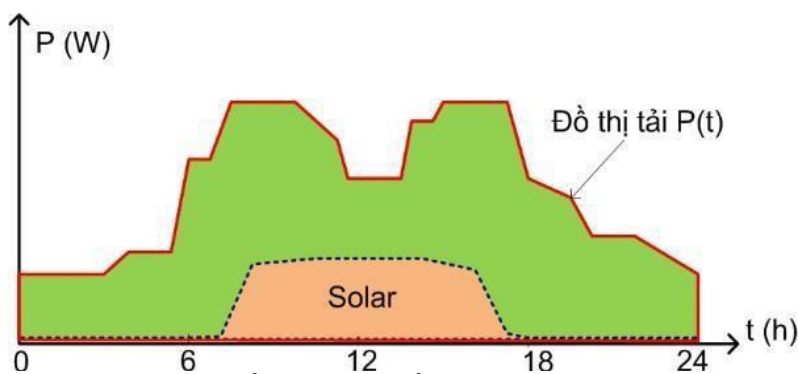
Hình 7. Góc xoay của PV

Tuy nhiên, đối với các pin quang điện đặt trên mái nhà việc thay đổi góc xoay là không khả dụng. Tổng quát, các pin quang điện đặt tĩnh trên mái nhà như trên Hình, cường độ bức xạ pin quang điện nhận được tại mọi thời điểm ban ngày được tính theo biểu thức :

$$I_{BC} = I_B \cos\theta, \text{ W/m}^2$$

$$\cos\theta = \cos\beta\cos(\phi_s - \phi_c)\sin\Sigma + \sin\beta\cos\Sigma$$

Tương ứng, năng lượng mà pin quang điện có thể phát ra trong ngày được mô tả như thị trên Hình 8



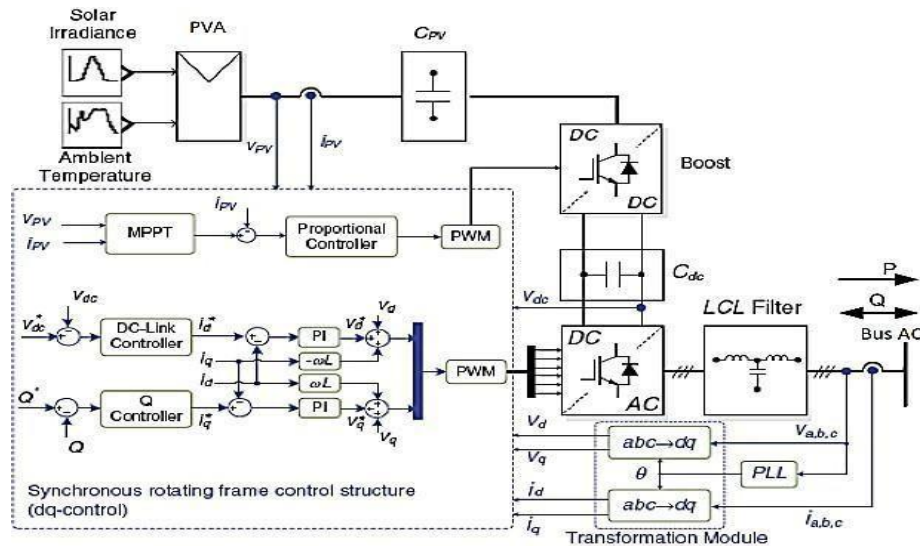
Hình 8. Đồ thị sản xuất năng lượng trong ngày

Các phân tích trên đây đã cung cấp đủ cơ sở để thiết lập một bộ nguồn pin quang điện pin quang điện tham gia vào hệ nguồn G-Pin quang điện cho một mạng điện tòa nhà cụ thể. Tuy nhiên, pin quang điện cần phải được kết hợp với bộ biến đổi DC/AC. Điều này đã được các nhà sản xuất thương mại hóa thành các sản phẩm hợp bộ PV- Inverter với các model khác nhau theo chuẩn IEC, IEEE, ANSI.

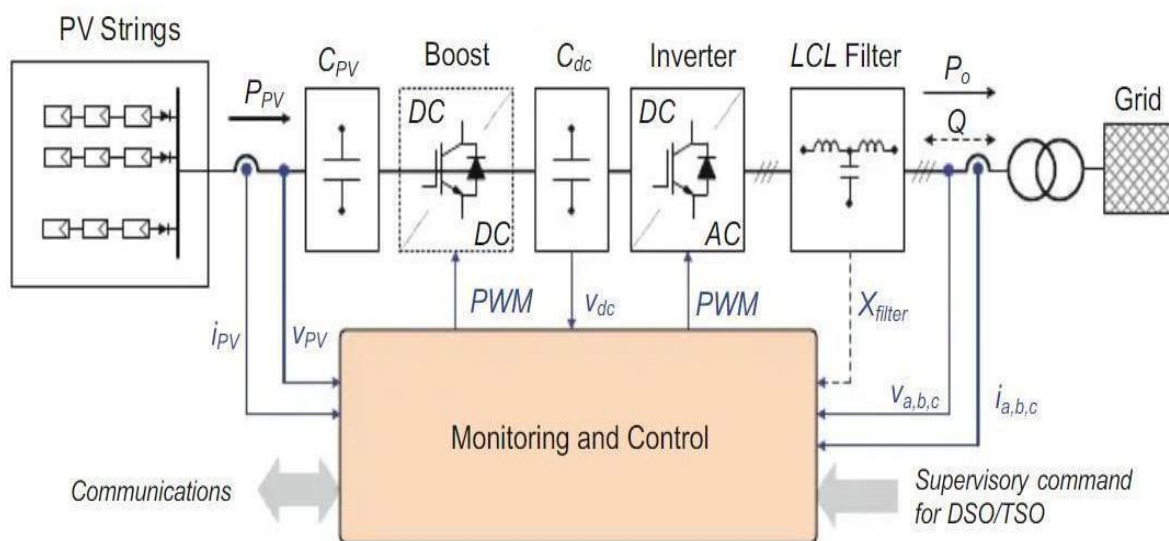
Trong nghiên cứu này, pin quang điện được áp dụng kết hợp lưới điện phân phối như một thiết bị bù công suất (P và Q) nhằm tận dụng tối đa nguồn năng lượng mặt trời tại chỗ, đồng thời đề xuất một cấu trúc và những kịch bản vận hành hiệu quả nhất cho một mạng nguồn điện lai kết hợp giữa nguồn điện lưới và nguồn phân tán pin mặt trời.

Trong đó:

- Pin quang điện đóng vai trò biến đổi quang năng thành điện năng dạng một chiều DC
- Inverter đóng vai trò của bộ biến đổi DC-DC/AC và điều khiển được tỷ lệ P/Q theo thông qua hệ số PF. Trong trường hợp này, G-Pin quang điện có thể áp dụng cấu trúc và nguyên lý điều khiển như trên Hình9 và Hình 10



Hình 9. Cấu trúc G-pin quang điện



Hình 10. Cấu trúc pin quang điện

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH

2.1. Lý thuyết tổng hợp

2.1.1. Các đại lượng ánh sáng

- Quang thông: Là tổng lượng ánh sáng phát ra từ nguồn sáng trong một đơn vị thời gian, được đo bằng lumen (lm). Quang thông phản ánh khả năng phát sáng của đèn.

- Độ rọi : Là lượng ánh sáng rơi trên một đơn vị diện tích bề mặt, đơn vị là lux (lx). Độ rọi được tính theo công thức:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Trong đó:

- Φ : Quang thông (lm)
- S : Diện tích bề mặt (m^2)
- E : Độ rọi

- Hiệu suất phát sáng: Được tính bằng tỷ số giữa quang thông phát ra và công suất tiêu thụ, đơn vị lm/W. Hiệu suất càng cao thì đèn càng tiết kiệm điện.

2.1.2. Công thức tính đại lượng tấm pin năng lượng mặt trời

Hệ thống điện năng lượng mặt trời hoạt động dựa trên nguyên lý chuyển đổi quang năng thành điện năng thông qua các tấm pin quang điện. Năng lượng điện thu được từ tấm pin phụ thuộc vào nhiều yếu tố như công suất danh định của tấm pin, số giờ nắng trung bình trong ngày, hiệu suất hệ thống và điều kiện lắp đặt thực tế. Công thức tính năng lượng phát ra từ tấm pin được biểu diễn như sau:

$$E = P \times H \times \eta$$

Trong đó:

- E: Năng lượng điện tạo ra (Wh hoặc kWh).
- P: Công suất danh định của tấm pin (W), được xác định trong điều kiện chuẩn (Standard Test Conditions – STC) với bức xạ 1000 W/m² và nhiệt độ 25°C.
- H: Số giờ nắng trung bình trong ngày (h), phụ thuộc vào vị trí địa lý và mùa trong năm. Ở Việt Nam, giá trị này thường dao động từ 4 đến 5 giờ/ngày.
- η : Hiệu suất tổng thể của hệ thống, bao gồm tổn thất do inverter, dây dẫn, nhiệt độ, bụi bẩn và bóng râm. Hiệu suất thực tế thường nằm trong khoảng 0,7–0,8.

Ví dụ:

- Tấm pin công suất 150 W.
- Số giờ nắng trung bình 5 giờ/ngày.
- Hiệu suất hệ thống 0,75. Khi đó:

$$E = 150 \times 5 \times 0,75 = 562,5 \text{ Wh/ngày} \approx 0,56 \text{ kWh/ngày}$$

Nếu sử dụng 4 tấm pin 150 W, tổng năng lượng thu được:

$$E_{tổng} = 4 \times 562,5 = 2250 \text{ Wh/ngày} \approx 2,25 \text{ kWh/ngày}$$

Các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng phát ra

- Góc nghiêng và hướng lắp đặt: Góc nghiêng tối ưu bằng vĩ độ địa phương $\pm 10^\circ$ để nhận bức xạ tối đa.
- Nhiệt độ môi trường: Nhiệt độ cao làm giảm hiệu suất pin.

- Bóng râm và bụi bẩn: Giảm hiệu suất đáng kể nếu không vệ sinh định kỳ.
- Chất lượng Inverter và dây dẫn: Tổn thất càng thấp thì hiệu suất càng cao.

2.2. Logic chiếu sáng thông minh

Hệ thống chiếu sáng thông minh được thiết kế nhằm tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, nâng cao sự tiện nghi và đảm bảo an toàn cho người dùng. Logic điều khiển của hệ thống dựa trên các điều kiện thực tế như ánh sáng môi trường, sự hiện diện của con người và thời gian trong ngày. Các nguyên tắc cơ bản của logic điều khiển bao gồm:

- Ban ngày: Khi ánh sáng tự nhiên đủ, hệ thống sẽ tắt hoàn toàn để tiết kiệm năng lượng.
- Trời tối, không có người: Đèn sẽ sáng ở mức thấp (ví dụ 20%) để duy trì ánh sáng nền, đảm bảo an toàn mà vẫn tiết kiệm điện.
- Trời tối, có người: Đèn sẽ sáng 100% để cung cấp đủ ánh sáng cho hoạt động.
- Điều chỉnh cường độ ánh sáng: Có thể thực hiện tự động dựa trên cảm biến ánh sáng hoặc thủ công thông qua ứng dụng điều khiển từ xa trên điện thoại thông minh.

Logic này thường được triển khai bằng cách kết hợp cảm biến PIR (phát hiện chuyển động), cảm biến ánh sáng, và bộ vi xử lý trung tâm. Các cảm biến sẽ liên tục gửi dữ liệu về trạng thái môi trường và sự hiện diện của con người cho bộ vi xử lý, từ đó đưa ra quyết định điều khiển phù hợp.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống chiếu sáng thông minh dựa trên sự kết hợp giữa phần cứng và phần mềm, ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT) và tự động hóa. Quy trình hoạt động gồm các bước sau:

1. Thu thập dữ liệu:

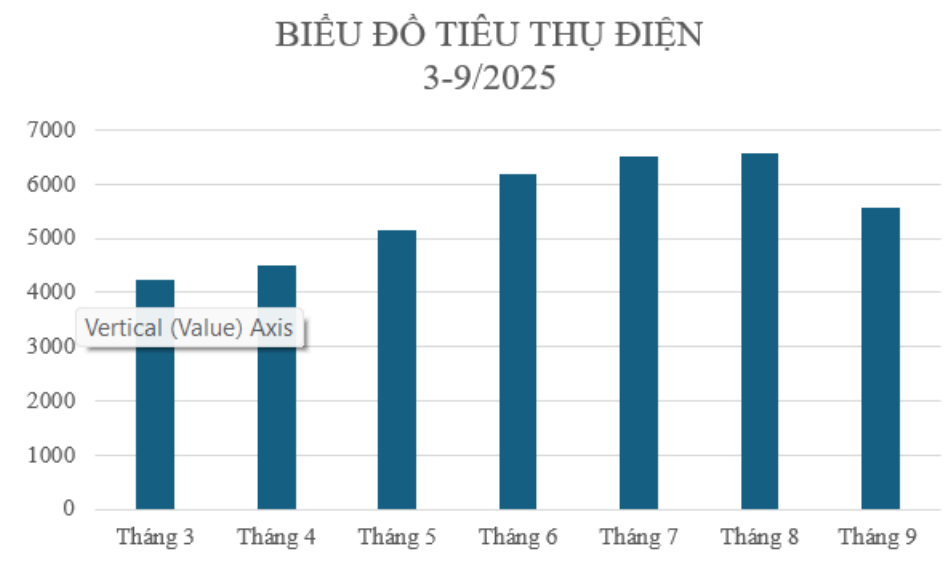
- Cảm biến ánh sáng đo độ sáng môi trường để xác định có cần bật đèn hay không.

- Xử lý thông tin:
- Bộ vi xử lý trung tâm nhận dữ liệu từ các cảm biến.
- Áp dụng thuật toán điều khiển dựa trên logic đã thiết lập (ví dụ: nếu trời tối → bật đèn 100%).
- Thực thi điều khiển:
- Gửi tín hiệu đến đèn LED để điều chỉnh độ sáng theo yêu cầu.
- Cho phép điều khiển từ xa thông qua ứng dụng trên smartphone hoặc máy tính bảng, kết nối qua Wi-Fi hoặc Bluetooth.
- Tối ưu hóa năng lượng:
- Tích hợp nguồn năng lượng mặt trời để giảm phụ thuộc vào lưới điện quốc gia

2.3. Phương án chọn đèn cho không gian

2.3.1. Nhu cầu cấp thiết hiện nay

Dưới đây là biểu đồ tiêu thụ điện của một phân xưởng vừa và nhỏ, dựa vào biểu đồ trên ta thấy rằng:



Hình 11. Biểu đồ tiêu thụ điện

Biểu đồ tiêu thụ điện từ tháng 3 đến tháng 9 năm 2025 thể hiện sự thay đổi về nhu cầu sử dụng điện năng của hệ thống trong khoảng thời gian nghiên cứu. Qua số liệu trên biểu đồ có thể nhận thấy lượng điện tiêu thụ có xu hướng tăng dần theo từng tháng, phản ánh mức độ sử dụng điện trong nhà xưởng ngày càng cao khi hoạt động sản xuất được mở rộng hoặc thời gian vận hành thiết bị tăng lên

Cụ thể, vào tháng 3 mức tiêu thụ điện của hệ thống đạt khoảng 4200 kWh. Sang tháng 4, lượng điện tiêu thụ tăng lên khoảng 4500 kWh, tương ứng mức tăng khoảng 300 kWh so với tháng trước. Đến tháng 5, mức tiêu thụ tiếp tục tăng lên khoảng 5100 kWh. Điều này cho thấy nhu cầu sử dụng điện cho hệ thống chiếu sáng và các thiết bị trong nhà xưởng đang có xu hướng tăng ổn định theo thời gian.

Từ tháng 6 đến tháng 8, lượng điện tiêu thụ tăng mạnh và đạt giá trị cao nhất trong giai đoạn nghiên cứu. Tháng 6 đạt khoảng 6200 kWh, tháng 7 khoảng 6500 kWh và tháng 8 đạt trên 6600 kWh. Đây là giai đoạn có mức tiêu thụ điện lớn nhất, nguyên nhân có thể xuất phát từ việc gia tăng công suất sản xuất, thời gian hoạt động của nhà xưởng kéo dài hoặc ảnh hưởng của điều kiện thời tiết nắng nóng khiến nhu cầu sử dụng hệ thống điện tăng cao. Ngoài ra, hệ thống chiếu sáng trong nhà xưởng thường phải hoạt động liên tục trong thời gian dài để đảm bảo điều kiện làm việc cho công nhân, dẫn đến lượng điện tiêu thụ tăng đáng kể.

Đến tháng 9, mức tiêu thụ điện giảm xuống còn khoảng 5600 kWh. Mặc dù có sự giảm nhẹ so với tháng 7 và tháng 8 nhưng lượng điện tiêu thụ vẫn cao hơn đáng kể so với các tháng đầu năm. Điều này cho thấy nhu cầu sử dụng điện trong nhà xưởng vẫn duy trì ở mức cao và chưa có giải pháp tối ưu hiệu quả cho việc quản lý và tiết kiệm điện năng.

Từ biểu đồ trên có thể thấy rằng hệ thống chiếu sáng và các thiết bị điện trong nhà xưởng tiêu thụ một lượng điện năng tương đối lớn, đặc biệt trong các giai đoạn cao điểm sản xuất. Nếu tiếp tục sử dụng hoàn toàn điện lưới truyền thống sẽ làm tăng chi phí vận hành cho doanh nghiệp cũng như tạo áp lực lớn lên hệ thống điện quốc gia. Vì vậy, việc

nghiên cứu và ứng dụng hệ thống chiếu sáng thông minh sử dụng nguồn pin năng lượng mặt trời là giải pháp cần thiết và phù hợp với xu hướng phát triển hiện nay.

Bên cạnh việc sử dụng nguồn năng lượng tái tạo nhằm giảm lượng điện tiêu thụ từ lưới điện quốc gia, việc tích hợp công nghệ IoT vào hệ thống chiếu sáng còn giúp nâng cao khả năng quản lý và điều khiển hệ thống một cách hiệu quả. Hệ thống có thể tự động bật/tắt đèn theo thời gian, theo điều kiện ánh sáng môi trường hoặc theo nhu cầu sử dụng thực tế, từ đó hạn chế tình trạng lãng phí điện năng. Ngoài ra, người quản lý có thể giám sát trạng thái hoạt động của hệ thống từ xa thông qua điện thoại hoặc máy tính, giúp nâng cao tính linh hoạt và hiệu quả trong quá trình vận hành.

Qua phân tích biểu đồ tiêu thụ điện có thể khẳng định rằng nhu cầu sử dụng điện trong nhà xưởng là rất lớn và có xu hướng gia tăng theo thời gian. Điều này càng cho thấy tính cần thiết của việc nghiên cứu hệ thống chiếu sáng thông minh kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời nhằm tiết kiệm điện năng, giảm chi phí vận hành, nâng cao hiệu quả quản lý năng lượng và hướng đến phát triển bền vững trong lĩnh vực công nghiệp hiện nay.

2.3.2. Phương án chọn đèn

Ngoài những nhu cầu bên trên ta có thể đưa ra một số loại đèn phù hợp với nhu cầu thực tế của cuộc sống đó là:” Bền – rẻ - tiết kiệm năng lượng. Chính vì thế ở đây ưu tiên lựa chọn đèn LED của công ty Rạng Đông.

Đối với không gian xưởng may ta có thể lựa chọn những loại đèn sau:



Hình 12. Bóng đèn LED dài

Bảng 1. Thông số bóng đèn LED dài

Công suất	36W
Điện áp	150-250V/50Hz
Nhiệt độ màu	6500K/3000K
Quang thông	2850lm/3000K
Kích thước	(1200x75x24)mm

Đèn LED 36W được lựa chọn cho hệ thống chiếu sáng nhà xưởng may do có nhiều ưu điểm vượt trội về hiệu quả chiếu sáng, khả năng tiết kiệm điện năng và độ bền cao trong quá trình sử dụng. So với các loại đèn truyền thống như đèn huỳnh quang hoặc đèn compact, đèn LED có hiệu suất phát quang cao hơn, tiêu thụ ít điện năng hơn nhưng vẫn đảm bảo cung cấp đủ ánh sáng cho khu vực làm việc. Điều này giúp giảm đáng kể chi phí điện năng và nâng cao hiệu quả kinh tế cho doanh nghiệp trong quá trình vận hành nhà xưởng.

Với công suất 36W, đèn có khả năng đáp ứng tốt nhu cầu chiếu sáng trong khu vực sản xuất của xưởng may. Nhiệt độ màu 6500K tạo ra ánh sáng trắng giúp công nhân dễ dàng quan sát màu sắc vải, đường may và các chi tiết nhỏ trong quá trình làm việc, từ đó nâng cao độ chính xác và chất lượng sản phẩm. Bên cạnh đó, quang thông đạt khoảng 2850 lm giúp đảm bảo độ rọi cần thiết cho không gian làm việc, tạo môi trường chiếu sáng ổn định và hạn chế tình trạng thiếu sáng gây ảnh hưởng đến năng suất lao động.

Ngoài ra, đèn LED còn có tuổi thọ cao, khả năng hoạt động ổn định và ít phát sinh nhiệt trong quá trình sử dụng, phù hợp với môi trường làm việc liên tục trong các nhà xưởng dệt may. Việc sử dụng đèn LED không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng mà còn góp phần giảm chi phí bảo trì, thay thế thiết bị và nâng cao tính an toàn cho hệ thống chiếu sáng. Do đó, lựa chọn đèn LED 36W là giải pháp phù hợp cho hệ thống chiếu sáng thông minh trong nhà xưởng may khi kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời.

Chiếu sáng khu vực ngoài sân và lối đi



Hình 13. Bóng đèn pha

Bảng 2. Thông số bóng đèn pha

Công suất:	100W
Điện áp:	220V/50Hz
Nhiệt độ màu:	6500K/5000K/3000K
Quang thông:	9500 lm
Hiệu suất sáng:	95 lm/W
Tuổi thọ:	30.000 giờ
Kích thước (DxRxC):	328x282x78(mm)

Đèn pha LED 100W được lựa chọn để chiếu sáng khu vực ngoài sân và lối đi của nhà xưởng do có khả năng cung cấp ánh sáng mạnh, phạm vi chiếu sáng rộng và hoạt động ổn định trong môi trường ngoài trời. Với công suất 100W và quang thông đạt khoảng 9500 lm, đèn đáp ứng tốt nhu cầu chiếu sáng cho các khu vực có diện tích lớn như sân bãi, đường nội bộ và khu vực di chuyển xung quanh nhà xưởng, góp phần đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành và đi lại vào ban đêm.

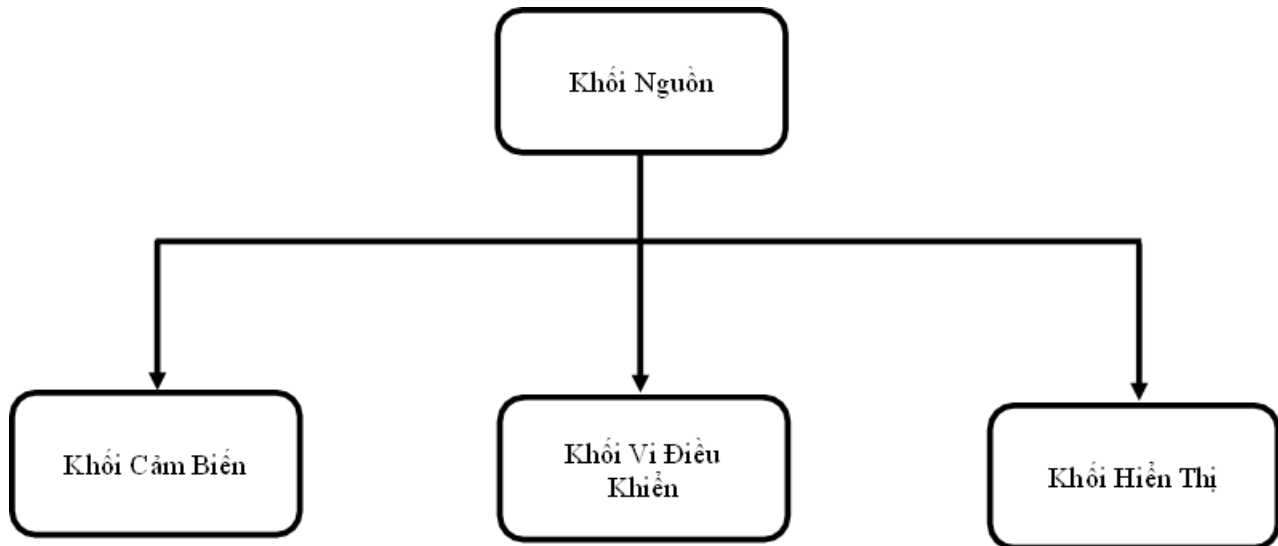
Đèn sử dụng công nghệ LED hiện đại với hiệu suất chiếu sáng khoảng 95 lm/W giúp tiết kiệm điện năng đáng kể so với các loại đèn cao áp truyền thống nhưng vẫn đảm

bảo cường độ ánh sáng cần thiết. Bên cạnh đó, đèn có nhiều mức nhiệt độ màu như 3000K, 5000K và 6500K, trong đó ánh sáng trắng 6500K phù hợp cho khu vực ngoài trời do cho khả năng quan sát rõ hơn vào ban đêm và tạo cảm giác sáng rõ, an toàn.

Ngoài ưu điểm về khả năng chiếu sáng, đèn LED pha 100W còn có tuổi thọ cao khoảng 30.000 giờ, giúp giảm chi phí bảo trì và thay thế thiết bị trong quá trình sử dụng lâu dài. Thiết kế chắc chắn, khả năng chống bụi và chống nước tốt giúp đèn hoạt động ổn định trong điều kiện môi trường ngoài trời của nhà xưởng. Do đó, việc sử dụng đèn pha LED 100W cho khu vực sân và lối đi là giải pháp phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả chiếu sáng, tiết kiệm năng lượng và đảm bảo tính an toàn cho khu vực nhà xưởng.

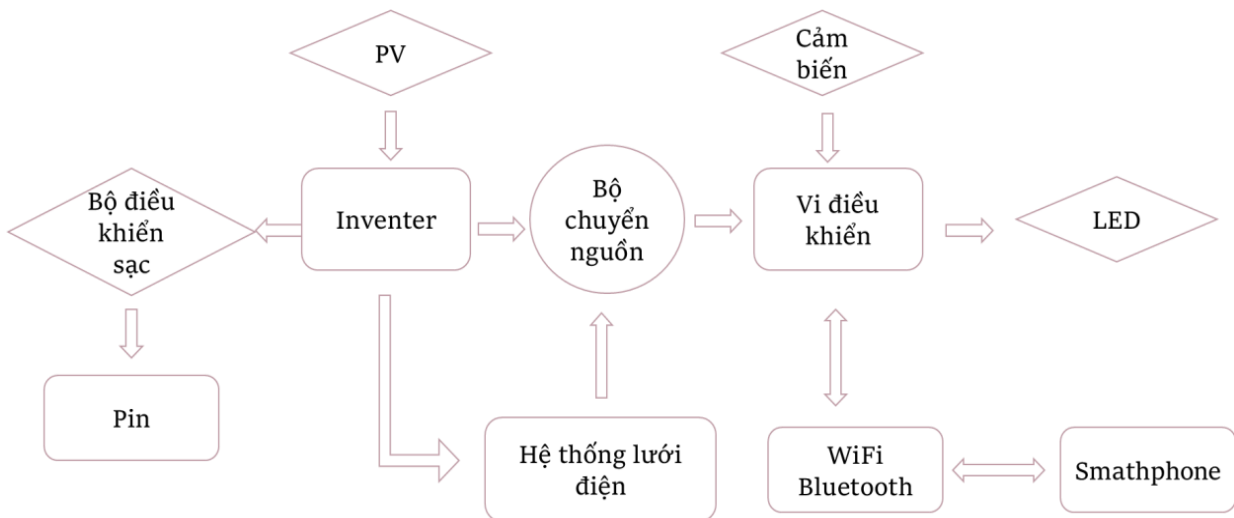
CHƯƠNG 3. PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ CHO HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH

3.1. Sơ đồ khối hệ thống chiếu sáng



Hệ thống chiếu sáng thông minh được thiết kế theo sơ đồ khối gồm bốn thành phần chính: khối nguồn, khối cảm biến, khối vi điều khiển và khối hiển thị. Khối nguồn cung cấp điện cho toàn bộ hệ thống, bao gồm nguồn pin năng lượng mặt trời kết hợp với điện lưới, cho phép hệ thống hoạt động độc lập hoặc chuyển sang chế độ kết hợp khi năng lượng mặt trời không đủ. Khối cảm biến có nhiệm vụ thu thập các thông tin từ môi trường như cường độ ánh sáng và sự hiện diện của con người, làm cơ sở cho việc điều khiển tự động. Khối vi điều khiển đóng vai trò trung tâm xử lý, tiếp nhận dữ liệu từ cảm biến, thực hiện thuật toán điều khiển và đưa ra quyết định bật/tắt hoặc điều chỉnh chiếu sáng phù hợp. Khối hiển thị giúp người vận hành theo dõi trạng thái hoạt động các bóng đèn hệ thống và các thông số cơ bản, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng năng lượng.

3.2. Sơ đồ hoạt động hệ thống chiếu sáng



3.2.1. Vi điều khiển Esp 32



Hình 14. Vi điều khiển ESP 32

ESP32 là một bộ vi điều khiển thuộc danh mục vi điều khiển trên chip công suất thấp và tiết kiệm chi phí. Hầu hết tất cả các biến thể ESP32 đều tích hợp Bluetooth và WiFi chế độ kép, làm cho nó có tính linh hoạt cao, mạnh mẽ và đáng tin cậy cho nhiều ứng dụng.

Nó là sự kế thừa của vi điều khiển NodeMCU ESP8266 phổ biến và cung cấp hiệu suất và tính năng tốt hơn. Bộ vi điều khiển ESP32 được sản xuất bởi Espressif Systems và được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng khác nhau như IoT, robot và tự động hóa.

ESP32 cũng được thiết kế để tiêu thụ điện năng thấp, lý tưởng cho các ứng dụng chạy bằng pin. Nó có hệ thống quản lý năng lượng cho phép nó hoạt động ở chế độ ngủ và chỉ thức dậy khi cần thiết, điều này có thể kéo dài tuổi thọ pin rất nhiều.

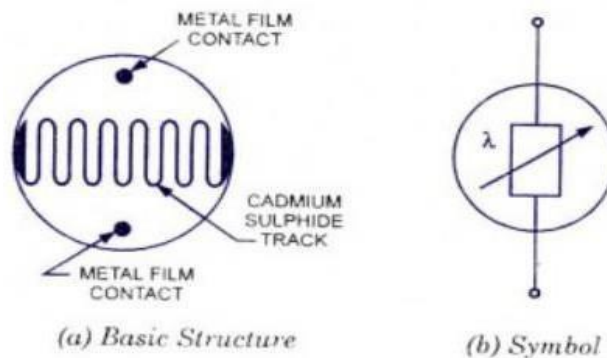
Không những vậy ESP32 được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực:

- Nhà thông minh
- Điều khiển đèn – quạt từ xa
- Hệ thống tưới cây tự động
- Robot và xe tự hành
- Thiết bị đeo thông minh
- Đo môi trường (nhiệt độ – độ ẩm – ánh sáng – khí gas)

3.2.2. Cảm biến ánh sáng LDR

Điện trở quang (LDR) hay còn gọi là quang trở hoặc pin cadimi sunphua (CdS). Nó cũng được gọi là chất quang dẫn. Về cơ bản, nó là một tế bào quang điện hoạt động theo nguyên tắc quang dẫn hay có nghĩa nó là một điện trở có giá trị điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng. Nó được sử dụng nhiều trong các mạch cảm biến ánh sáng, mạch chuyển đổi,

Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của LDR:



Hình 15. Cấu tạo cảm biến ánh sáng (LDR)

Hình trên là cấu trúc của pin CdS, phía trên và dưới cùng là các màng kim loại được nối với các đầu cực. Nó được thiết kế theo cách cung cấp diện tích tiếp xúc tối đa với hai màng kim loại. Và được đặt trong một hộp nhựa hoặc nhựa trong để có thể tiếp xúc được với ánh sáng, cảm nhận được sự thay đổi của cường độ ánh sáng. Thành phần chính để tạo ra LDR là cadmium sulphide (CdS), được sử dụng làm chất quang dẫn và không chứa hoặc rất ít electron khi không được chiếu sáng. Trong trường hợp không có ánh sáng, giá trị điện trở cao $M\Omega$. Ngay khi ánh sáng rơi vào cảm biến, các electron được giải phóng và độ dẫn của vật liệu tăng lên. Khi cường độ ánh sáng vượt quá một tần số nhất định, các photon được hấp thụ bởi chất bán dẫn cung cấp cho các electron dải năng lượng cần thiết để nhảy vào dải dẫn. Điều này làm cho các electron hoặc lỗ trống tự do dẫn điện và do đó giảm đáng kể điện trở ($<1 K\Omega$).

Phương trình cho thấy mối quan hệ giữa trở kháng và chiếu sáng là:

$$R = A \times E^a$$

Trong đó

- R – trở kháng (Ω)
- A, a - hằng số

CHƯƠNG 4. PHÂN TÍCH, TÍNH TOÁN VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG THIẾT KẾ HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG THÔNG MINH

4.1. Phân tích tính toán yêu cầu mô Hình hoạt động của hệ thống

Trong quá trình xây dựng hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời, việc phân tích yêu cầu và mô Hình hoạt động của hệ thống là bước đầu tiên và quan trọng nhằm đảm bảo thiết kế đáp ứng đúng mục tiêu kỹ thuật đặt ra. Hệ thống được kỳ vọng có khả năng thu thập thông tin từ môi trường xung quanh thông qua các cảm biến như cảm biến ánh sáng và cảm biến chuyển động, từ đó xử lý và đưa ra các quyết định điều khiển phù hợp. Các cảm biến phải đảm bảo độ nhạy, độ ổn định và khả năng phản hồi nhanh để hệ thống có thể hoạt động chính xác trong nhiều điều kiện ánh sáng khác nhau. Dữ liệu thu được từ các cảm biến sẽ được bộ xử lý trung tâm – trong trường hợp này là ESP32 – tiếp nhận và phân tích theo thuật toán đặt trước.

ESP32 đóng vai trò như “bộ não” của hệ thống, chịu trách nhiệm xử lý dữ liệu đầu vào, ra quyết định bật/tắt hoặc điều chỉnh cường độ đèn, cũng như quản lý hoạt động truyền thông không dây khi cần. Hệ thống cũng đòi hỏi sự ổn định về mặt thời gian thực, đảm bảo rằng các phản hồi điều khiển phải diễn ra nhanh và chính xác, đặc biệt khi cảm biến phát hiện chuyển động. Bên cạnh đó, vì hệ thống sử dụng năng lượng mặt trời, khối nguồn cũng cần được phân tích kỹ nhằm đảm bảo cung cấp điện áp và dòng điện ổn định cho toàn bộ mạch, đồng thời tối ưu hiệu quả sạc – xả của pin năng lượng mặt trời. Mạch sạc, pin lưu trữ và bộ điều khiển sạc phải hoạt động đồng bộ, hạn chế tình trạng quá sạc, xả sâu hoặc thất thoát năng lượng.

Ngoài các yêu cầu chức năng, hệ thống cũng phải đáp ứng các yêu cầu phi chức năng như độ tin cậy, tính bền vững và khả năng mở rộng. Hệ thống phải duy trì hoạt động lâu dài trong điều kiện thời tiết thay đổi mà không bị hỏng hóc, đồng thời đảm bảo tính linh hoạt để người dùng dễ dàng nâng cấp, thay đổi cảm biến hoặc cải thiện thuật toán điều

khẩn. Tính an toàn cũng là yếu tố cần thiết, đặc biệt trong khối nguồn, nhằm tránh các sự cố liên quan đến pin hoặc mạch điện.

Để hệ thống chiếu sáng thông minh hoạt động ổn định suốt 12 giờ ban đêm, cần tính toán chính xác mức tiêu thụ năng lượng. Đèn LED trong mô Hình tiêu thụ khoảng 0,2W, tương ứng dòng 40mA, trong khi ESP32 tiêu thụ trung bình 60mA, nâng tổng dòng hoạt động lên khoảng 100mA. Với thời gian vận hành 12 giờ, nhu cầu năng lượng của hệ thống là

$$E = I \times t$$

Trong đó:

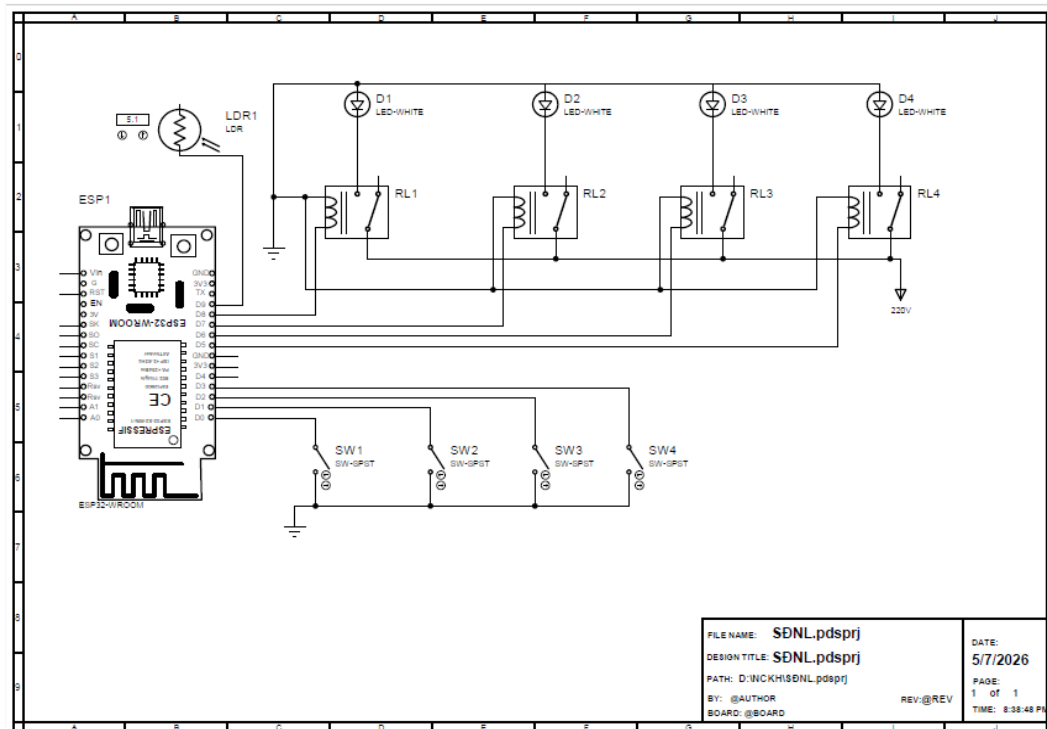
- E là năng lượng tiêu thụ (tính theo mAh),
- I là dòng điện tiêu thụ trung bình của hệ thống (mA),
- t là thời gian hoạt động (giờ).

Ví dụ ta có: LED 0.2W với dòng 40mA và hoạt động 12 giờ/đêm cùng với đó ESP32 tiêu thụ 60mA

$$E = 100\text{mA} \times 12\text{h} = 1200\text{mAh}.$$

Dựa trên mức tiêu thụ này, pin Li-ion 3.7V dung lượng 2200mAh hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu, thậm chí còn có phần dư để bù trừ hao hụt trong các ngày nắng yếu hoặc khi hiệu suất sạc giảm. Vì vậy, lựa chọn pin 2200mAh là phù hợp, giúp hệ thống vận hành liên tục và ổn định trong điều kiện thực tế.

4.2. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống chiếu sáng



Hình 16. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống chiếu sáng

Sơ đồ nguyên lý trên mô tả hệ thống chiếu sáng thông minh sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp cảm biến ánh sáng LDR và relay để điều khiển các đèn chiếu sáng. Hệ thống được thiết kế nhằm tự động bật/tắt đèn theo cường độ ánh sáng môi trường, đồng thời cho phép điều khiển thủ công thông qua các công tắc nhấn.

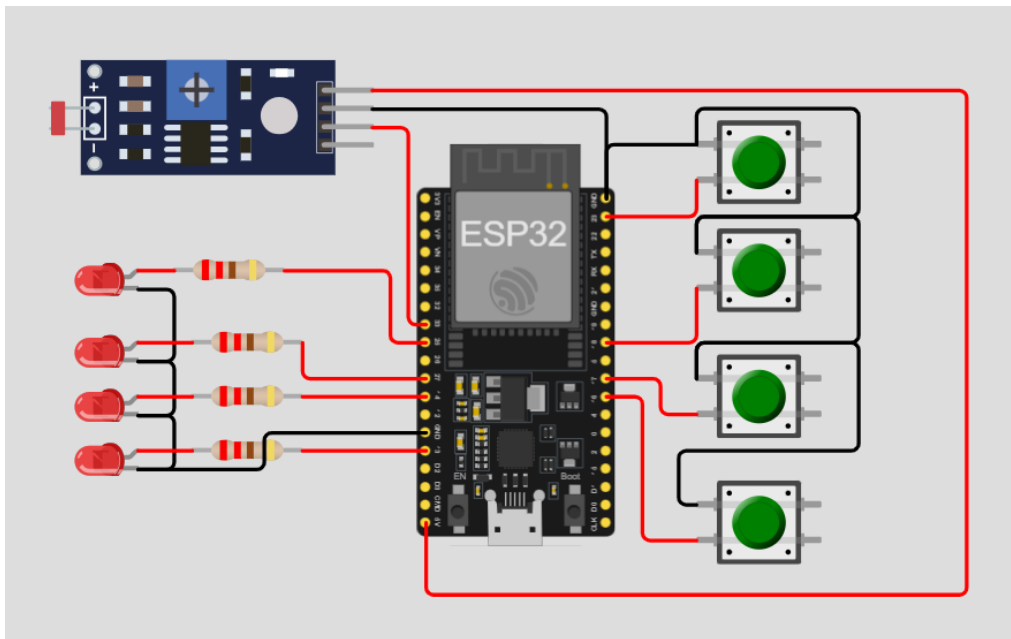
Trung tâm điều khiển của hệ thống là module ESP32, có chức năng nhận tín hiệu từ cảm biến và điều khiển các relay đóng/ngắt nguồn cấp cho đèn. ESP32 được lựa chọn do có tích hợp WiFi và Bluetooth, phù hợp cho việc phát triển hệ thống IoT và điều khiển từ xa trong tương lai. Cảm biến ánh sáng LDR được sử dụng để đo cường độ ánh sáng môi trường. Khi môi trường đủ sáng, điện trở của LDR giảm và ESP32 sẽ xử lý

Hệ thống gồm bốn relay RL1, RL2, RL3 và RL4 dùng để điều khiển bốn đèn LED D1, D2, D3 và D4 tương ứng. Các relay hoạt động như công tắc điện tử, cho phép ESP32 điều khiển đóng hoặc ngắt nguồn điện cấp cho các đèn. Nguồn điện sử dụng cho tải chiếu sáng là điện xoay chiều 220V. Ngoài chế độ điều khiển tự động bằng cảm biến ánh sáng,

hệ thống còn được trang bị bốn công tắc SW1, SW2, SW3 và SW4 để điều khiển thủ công từng đèn. Khi người dùng nhấn công tắc, ESP32 sẽ nhận tín hiệu và thực hiện bật hoặc tắt relay tương ứng. Chức năng này giúp tăng tính linh hoạt trong quá trình vận chuyển

Nguyên lý hoạt động của hệ thống được thực hiện như sau: cảm biến LDR liên tục gửi tín hiệu ánh sáng về ESP32 để xử lý. Dựa trên giá trị ánh sáng thu được hoặc trạng thái từ các công tắc điều khiển, ESP32 sẽ xuất tín hiệu điều khiển relay tương ứng để bật hoặc tắt các đèn chiếu sáng. Nhờ đó, hệ thống có khả năng đóng ngắt linh hoạt trong mọi tình huống thực tế

4.3. Sơ đồ kết nối



Hình 17. Sơ đồ kết nối

Trong đề tài:” Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời” sơ đồ kết nối đã thể hiện rõ các chân của các linh kiện được kết nối với nhau một cách ổn định thể hiện sự gắn kết của các khối trong toàn hệ thống trở lên dễ nhìn hơn.

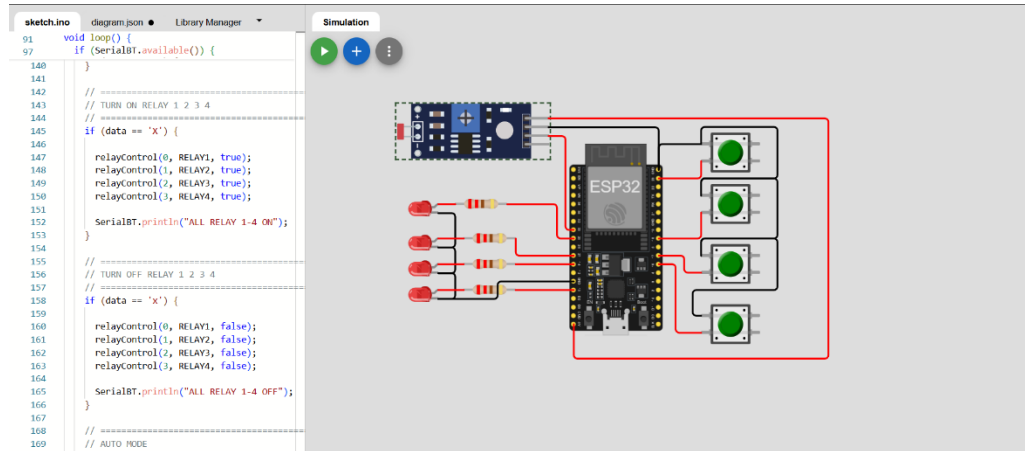
Bảng 3. Bảng thống kê linh kiện

STT	Tên Linh Kiện	Số lượng
1	ESP 32	1
2	Cảm Biến Ánh Sáng	1
3	Nút Bấm	4
4	Role	4
5	Bóng đèn	4

Bảng 4. Bảng sơ đồ đấu nối

	Chân Kết Nối	Chân Esp 32	Chân Role
LDR	D0	33	
Bóng Đèn	Bóng 1		NO1
	Bóng 2		NO2
	Bóng 3		NO3
	Bóng 4		NO4
ROLE	Vcc	5V	
	GND	GND	
	IN1	13	
	IN2	14	
	IN3	27	
	IN4	25	
Nút Bấm	SW1	16	
	SW2	17	
	SW3	18	
	SW4	23	

4.4. Mô phỏng hệ thống trên Wooki



Hình 18. Mô phỏng hệ thống trên Wooki

Hệ thống chiếu sáng thông minh được mô phỏng trên nền tảng Wokwi nhằm kiểm tra tính đúng đắn của sơ đồ kết nối và thuật toán điều khiển trước khi triển khai phần cứng thực tế. Trong mô phỏng, ESP32 đóng vai trò là bộ điều khiển trung tâm, thực hiện thu thập tín hiệu từ các cảm biến và nút nhấn, đồng thời điều khiển các đèn LED tương ứng.

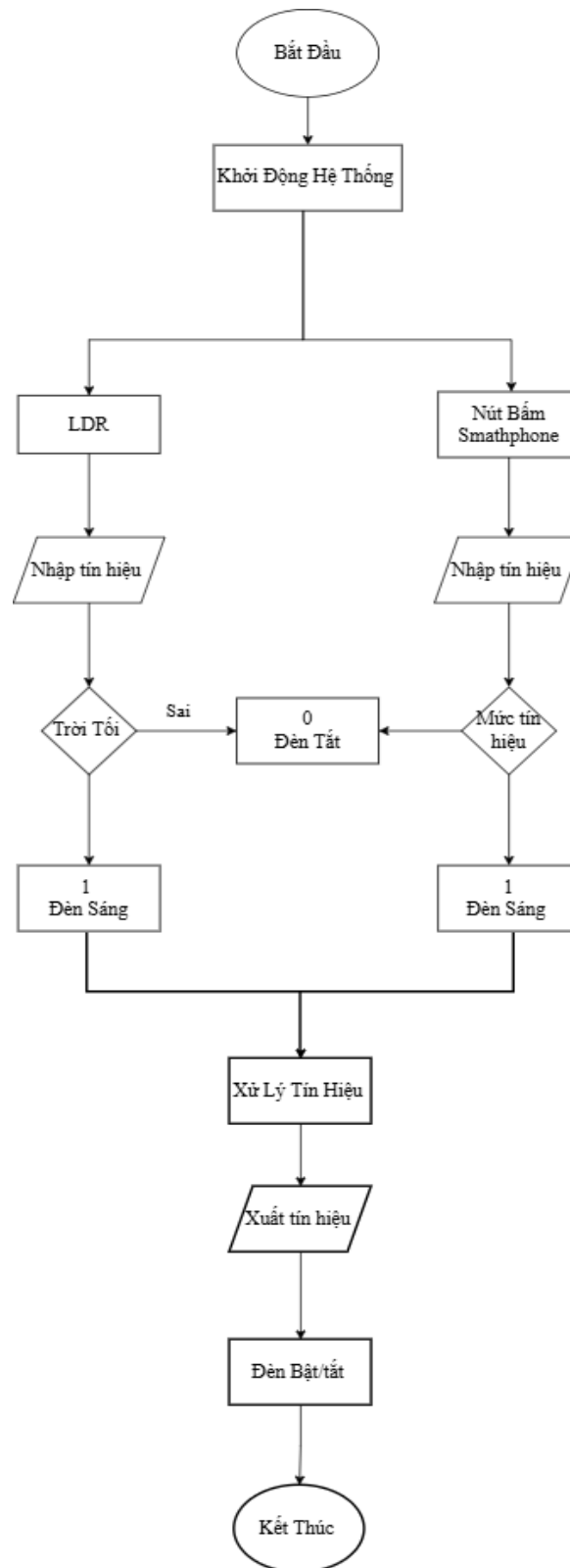
Phần mềm wokwi có một số đặc trưng sau :

- Mô phỏng trực tuyến, không cần cài đặt.
- Hỗ trợ nhiều board: Arduino, ESP32, ESP8266, Pico...
- Có nhiều linh kiện mô phỏng: LED, cảm biến, LCD, động cơ...
- Viết và chạy code trực tiếp trên web.
- Có Serial Monitor và Logic Analyzer
- Giao diện kéo-thả, dễ dùng.
- Cho phép chia sẻ link dự án nhanh chóng.
- Có nhiều dự án mẫu để tham khảo.

Các đèn LED được kết nối với các chân GPIO của ESP32 thông qua điện trở hạn dòng, mô phỏng các tải chiếu sáng trong hệ thống thực tế. Nhóm nút nhấn được sử dụng để điều khiển thủ công từng đèn, giúp kiểm tra chức năng bật/tắt độc lập và đánh giá khả năng phản hồi của hệ thống. Thuật toán chống dội phím (debounce) được cài đặt trong chương trình nhằm đảm bảo tín hiệu nút nhấn ổn định.

Bên cạnh đó, hệ thống tích hợp cảm biến ánh sáng (LDR) để mô phỏng khả năng nhận biết điều kiện ngày – đêm. Khi môi trường thiếu sáng ESP32 sẽ kích hoạt các đèn tương ứng; ngược lại, đèn sẽ được tắt nhằm tiết kiệm năng lượng.

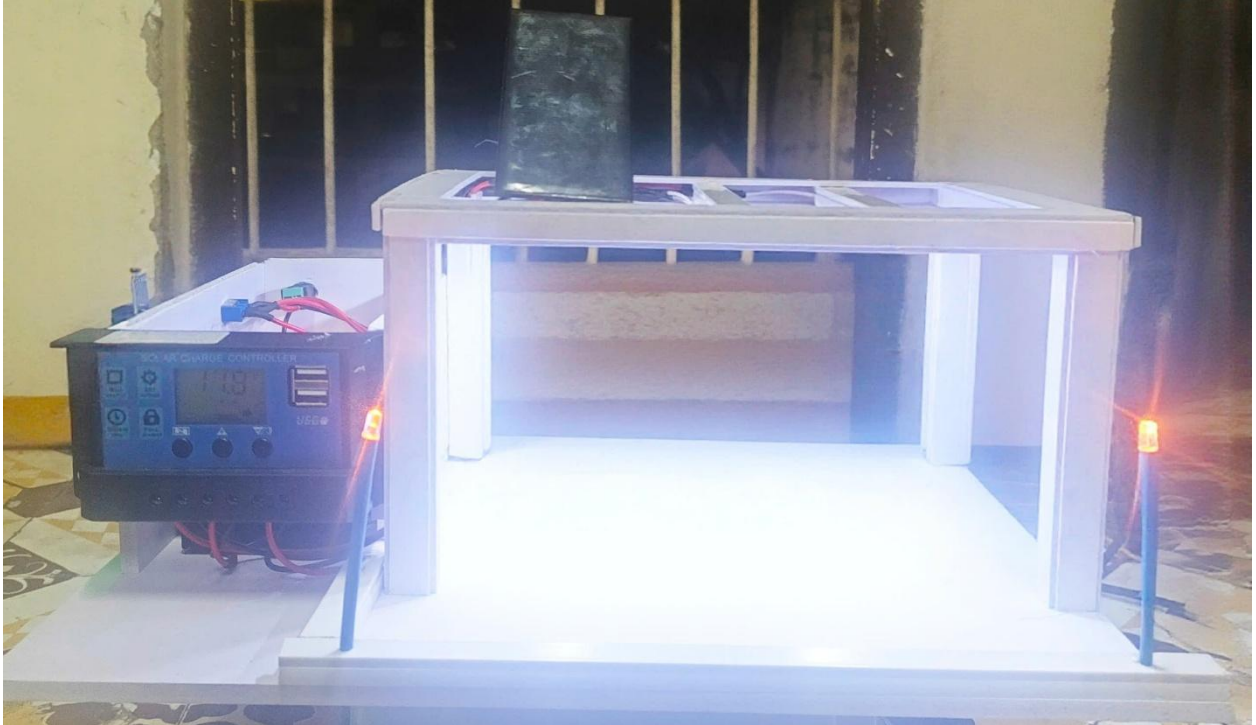
4.5. Lưu đồ thuật toán



Hình 19. Lưu đồ thuật toán

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN

5.1. Kết quả thực nghiệm



Hình 20. Hình ảnh thực tế mô hình

Sau một thời gian nghiên cứu và triển khai đề tài:” Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời”, nhóm đã hoàn thành toàn bộ các nội dung đặt ra, bao gồm thiết kế, thi công và thử nghiệm mô Hình hệ thống chiếu sáng thông minh tích hợp năng lượng mặt trời. Hệ thống sau khi hoàn thiện đã được tiến hành kiểm tra và vận hành thử nghiệm trong nhiều điều kiện khác nhau. Kết quả cho thấy mô Hình hoạt động ổn định, các chức năng điều khiển tự động theo ánh sáng môi trường và phát hiện chuyển động đều đáp ứng đúng yêu cầu kỹ thuật ban đầu, đảm bảo tính khả thi của đề tài.

Về mặt ưu điểm, hệ thống có cấu trúc phần cứng được thiết kế theo hướng đơn giản, tối ưu hóa số lượng linh kiện sử dụng nhưng vẫn đảm bảo đầy đủ các chức năng cần thiết.

Việc lựa chọn vi điều khiển và các cảm biến phù hợp giúp hệ thống có khả năng mở rộng, dễ dàng nâng cấp trong các nghiên cứu và ứng dụng thực tế sau này. Ngoài ra, các khối chức năng được bố trí hợp lý, sơ đồ kết nối rõ ràng, giúp quá trình thi công và lắp đặt diễn ra thuận lợi, giảm thiểu chi phí và thời gian triển khai. Điều này cho thấy mô Hình có tiềm năng ứng dụng trong thực tế, đặc biệt tại các khu vực dân cư, sân vườn, hành lang hoặc lối đi.

Bên cạnh những kết quả đạt được, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế nhất định. Trước hết, hiệu quả hoạt động của hệ thống phụ thuộc nhiều vào điều kiện ánh sáng mặt trời; trong những ngày thời tiết xấu hoặc cường độ bức xạ thấp, khả năng tích trữ năng lượng bị hạn chế, ảnh hưởng đến thời gian chiếu sáng ban đêm. Thêm vào đó, phạm vi hoạt động của hệ thống chưa lớn, đặc biệt là vùng phát hiện chuyển động, do đó nếu áp dụng trên không gian rộng cần phải kết hợp thêm các thiết bị hỗ trợ hoặc cảm biến bổ sung.

Ngoài ra, cảm biến ánh sáng LDR được sử dụng trong mô Hình có độ nhạy chưa cao, thời gian phản hồi còn chậm khi điều kiện ánh sáng môi trường thay đổi đột ngột, dẫn đến độ chính xác trong điều khiển chiếu sáng chưa tối ưu. Đồng thời, cảm biến hồng ngoại PIR có thể bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường xung quanh, làm giảm độ tin cậy trong việc phát hiện chuyển động trong một số trường hợp cụ thể.

Từ những kết quả và hạn chế trên, có thể nhận thấy đề tài đã đạt được mục tiêu đề ra, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu và cải tiến trong tương lai nhằm nâng cao hiệu suất, độ chính xác và khả năng ứng dụng thực tế của hệ thống chiếu sáng thông minh.

5.2. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Sau khi hoàn thành quá trình thiết kế và thi công, nhóm đã tiến hành thực nghiệm hệ thống chiếu sáng thông minh tích hợp năng lượng mặt trời trong các điều kiện vận hành khác nhau nhằm đánh giá tính ổn định và hiệu quả hoạt động của mô Hình. Quá trình thực nghiệm tập trung vào các chức năng chính của hệ thống như: khả năng tự động bật/tắt đèn theo điều kiện ánh sáng môi trường, khả năng phát hiện chuyển động của cảm biến hồng ngoại, cũng như sự ổn định của bộ điều khiển trung tâm

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động đúng theo nguyên lý thiết kế. Khi cường độ ánh sáng môi trường giảm xuống dưới ngưỡng cài đặt, hệ thống tự động kích hoạt chế độ chiếu sáng; ngược lại, khi ánh sáng môi trường đủ lớn, đèn được tắt nhằm tiết kiệm năng lượng. Chức năng này giúp giảm đáng kể lượng điện năng tiêu thụ so với phương pháp chiếu sáng truyền thống.

Bên cạnh đó, cảm biến chuyển động hồng ngoại PIR hoạt động tương đối ổn định trong điều kiện môi trường bình thường. Khi có người di chuyển trong vùng phát hiện, tín hiệu được gửi về bộ điều khiển, từ đó hệ thống kích hoạt đèn chiếu sáng theo kịch bản đã lập trình. Điều này cho thấy khả năng ứng dụng hiệu quả của hệ thống trong các khu vực như lối đi, sân vườn hoặc khu vực công cộng có mật độ di chuyển không liên tục.

Ngoài ra, hệ thống sử dụng nguồn năng lượng mặt trời kết hợp với pin lưu trữ đã đáp ứng tốt nhu cầu cấp nguồn cho toàn bộ mô Hình trong suốt thời gian vận hành thử nghiệm ban đêm. Điều này chứng minh tính khả thi của giải pháp chiếu sáng độc lập, đặc biệt phù hợp với những khu vực chưa có hoặc khó tiếp cận lưới điện quốc gia.

Tuy nhiên, trong quá trình thực nghiệm cũng ghi nhận một số hạn chế. Hiệu quả tích trữ năng lượng phụ thuộc nhiều vào điều kiện thời tiết và cường độ bức xạ mặt trời. Cảm biến ánh sáng LDR có độ nhạy chưa cao, dẫn đến thời gian phản hồi còn chậm khi điều kiện ánh sáng thay đổi nhanh. Ngoài ra, độ chính xác của cảm biến PIR có thể bị ảnh hưởng trong môi trường nhiệt độ cao.

Tổng hợp các kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống chiếu sáng thông minh tích hợp năng lượng mặt trời hoạt động ổn định, đáp ứng được các mục tiêu nghiên cứu đề ra. Mặc dù vẫn còn tồn tại một số hạn chế kỹ thuật, nhưng mô Hình có tiềm năng ứng dụng thực tế cao và có thể tiếp tục được cải tiến, nâng cấp trong các nghiên cứu tiếp theo.

Đề tài ” Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời “. Đã xây dựng được một mô Hình khá chi tiết và đảm bảo phương thức vận hành an toàn trong tình trạng làm việc bình thường cũng như khi xảy ra sự cố.

5.3. Kết quả đạt được

Sau quá trình nghiên cứu và thực hiện, đề tài "Nghiên cứu hệ thống chiếu sáng cho nhà xưởng kết hợp công nghệ IoT và nguồn pin năng lượng mặt trời" đã thiết kế và xây dựng thành công mô hình hệ thống chiếu sáng thông minh sử dụng nguồn năng lượng mặt trời kết hợp công nghệ IoT. Hệ thống đã đáp ứng được yêu cầu chiếu sáng cho khu vực nhà xưởng, đồng thời đảm bảo khả năng hoạt động ổn định và tiết kiệm điện năng trong quá trình vận hành.

Đề tài đã thực hiện tính toán và lựa chọn các thiết bị phù hợp cho hệ thống như đèn LED chiếu sáng, tấm pin năng lượng mặt trời, bộ điều khiển sạc, ắc quy lưu trữ và vi điều khiển ESP32 để điều khiển hệ thống. Thông qua việc ứng dụng công nghệ IoT, hệ thống cho phép người dùng giám sát. Bên cạnh đó, hệ thống còn được tích hợp cảm biến ánh sáng LDR nhằm thực hiện chức năng tự động bật hoặc tắt đèn theo điều kiện ánh sáng môi trường. Khi cường độ ánh sáng giảm xuống dưới mức cài đặt, hệ thống sẽ tự động bật đèn và ngược lại sẽ tắt đèn khi môi trường đủ sáng. Chức năng này giúp tiết kiệm

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng tốt yêu cầu chiếu sáng trong nhà xưởng và có khả năng giảm lượng điện năng tiêu thụ từ lưới điện quốc gia nhờ tận dụng nguồn năng lượng tái tạo từ mặt trời. Ngoài ra, việc sử dụng đèn LED kết hợp hệ thống điều khiển thông minh giúp giảm chi phí vận hành, nâng cao tuổi thọ thiết bị và tăng hiệu quả quản lý

Từ các kết quả đạt được, đề tài cho thấy khả năng ứng dụng thực tế cao trong các hệ thống chiếu sáng công nghiệp, đồng thời góp phần thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ IoT và năng lượng tái tạo vào lĩnh vực chiếu sáng thông minh

Tài Liệu Tham Khảo

Cảm biến ánh sáng là gì? Nguyên lý hoạt động và ứng dụng [Report]. - [s.l.] : Thiết Bị số Công Nghiệp , 2024.

Hương Dương Lan Giáo trình Kỹ Thuật Chiếu Sáng [Book]. - Tp. HCM : NXB Đại học quốc gia TP HCM, 2011.

Ngô Hồng Quang Cung cấp điện [Book Section]. - [s.l.] : NXB Giáo Dục, 2011.

Nguyễn Khắc Nam Tình Hình lắp đặt điện mặt trời mái nhà ở miền Bắc [Journal]. - [s.l.] :

TẠP CHÍ NĂNG LƯỢNG VIỆT NAM, 16/07/2025.

Nguyễn Trí Dũng Cảm biến hồng ngoại phát hiện người có máy loại và ứng dụng của chúng trong cuộc sống [Report]. - [s.l.] : Homematic, 2022.

TCXD 16:1986 Chiếu sáng nhân tạo trong công trình dân dụng [Book]. - [s.l.] : NXB Xây dựng, 2009.