

THIẾT KẾ HỆ THỐNG BƠM NƯỚC CÔNG SUẤT 2,2KW TƯỚI TIÊU CHO RUỘNG LÚA CHẠY BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

● NGUYỄN ĐỨC HIỆU

TÓM TẮT:

Bài viết nghiên cứu thiết kế hệ thống bơm nước công suất 2,2kW tưới tiêu cho ruộng lúa chạy bằng năng lượng mặt trời (NLMT). Kết quả thiết kế cho mô hình hoạt động tốt khi có ngày nắng tốt và mực nước không thấp hơn 1,2m so mặt ruộng, đáp ứng được yêu cầu cấp thiết cho các ruộng lúa bị khô hạn trong mùa khô, giảm chi phí canh tác, nâng cao lợi nhuận cho người nông dân, đồng thời bảo vệ môi trường.

Từ khóa: pin năng lượng mặt trời, nghịch lưu DC/AC 3 pha, kỹ thuật điều khiển SinPWM.

1. Đặt vấn đề

Hàng năm, khi mùa khô đến, mực nước sông thấp xuống, các cánh đồng lúa bị khô hạn thiếu nước. Để cứu những cánh đồng lúa, người nông dân phải tốn khá nhiều chi phí để cấp nước vào ruộng dưới nhiều hình thức, như: dùng máy bơm chạy dầu, xăng (với những thửa ruộng xa khu dân cư, không có đường dây hạ áp đi ngang), bơm điện (với những thửa ruộng gần nhà hoặc gần đường dây điện hạ áp đi ngang). Cách làm này đã dẫn đến giảm lợi nhuận của người nông dân.

Ngày nay, với chủ trương của các quốc gia trên thế giới là khai thác các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng gió, mặt trời... thay cho nguồn năng lượng hóa thạch là than đá, dầu khí... rất được quan tâm. Cùng với việc phát triển của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, ngành công nghiệp bán dẫn phát triển nhanh chóng đã tạo điều kiện cho công nghệ khai thác NLMT ngày càng thuận lợi, tạo điều kiện cho những người nông dân tiếp cận và sử dụng nguồn năng lượng này với chi phí thấp.

Trà Vinh có lợi thế về điều kiện bức xạ mặt trời lớn 5kWh/1m²/ngày, số ngày nắng trong năm cao, tới 320 ngày. Trung bình 1kWp thu được 4,5kWh/ngày [1- 4]. Chính vì lợi thế này, hiện tại, tỉnh Trà Vinh có nhiều dự án, mô hình khai thác năng lượng tái tạo phục vụ nhu cầu sử dụng điện từ dân dụng, công nghiệp điển hình như sau:

1) Tên mô hình: Lắp đặt thí điểm hệ thống điện năng trời 5kWp tại trụ sở cơ quan Sở Công Thương Trà Vinh. Đơn vị chủ trì: Sở Công Thương Trà Vinh. Thời gian thực hiện: Từ tháng 03/2018 đến tháng 03/2019. (Bảng 1)

2) Tên mô hình: Hệ thống NLMT áp mái trên khu Hiệu bộ trường Đại học Trà Vinh 100kWp. Đơn vị chủ trì: Trường Đại học Trà Vinh. Thời gian đưa vào vận hành: Từ ngày 25/12/2019 đến nay. (Bảng 2)

3) Tên mô hình: Nhà máy Điện mặt trời Trung Nam Trà Vinh được xây dựng tại ấp Giồng Giếng - xã Dân Thành - thị xã Duyên Hải - tỉnh Trà Vinh. Tổng công suất 140 MW, gồm có 32 trạm chuyển

Bảng 1. Số liệu thu được trên phần mềm của Hãng Goodwe*Đơn vị tính: KWh*

03/2018	04/2018	05/2018	06/2018	07/2018	08/2018
776,2	742,7	596,3	539,6	558,6	568,5
09/2018	10/2018	11/2018	12/2018	01/2019	02/2019
558,9	690,2	590,6	571,2	671,5	672,3

Bảng 2. Số liệu thu thập công suất phát từ hệ thống 100kWp tại Trường Đại học Trà Vinh (TVU)*Đơn vị tính: KWh*

01/2020	02/2020	03/2020	04/2020	05/2020	06/2020
16057	15780	15757	15200	13633	10856
07/2020	08/2020	09/2020	10/2020	11/2020	12/2020
12711	12219	12583	10363	12555	11214

đổi DC/AC, dòng điện trung bình của các trạm $I_{mpp} = 6,2$ (A), điện áp trung bình các trạm 1058,79 (V), hiệu suất chuyển đổi 90,9%.

Qua kết quả khảo sát từ 3 mô hình trên cho thấy, sản lượng và hiệu suất chuyển đổi năng lượng của pin rất cao ($> 85\%$), tạo điều kiện thuận lợi để người dân sử dụng nguồn năng lượng này. Tỉnh Trà Vinh nằm ở phía Đông Nam đồng bằng sông Cửu Long với diện tích tự nhiên 2.295,1 km², giữa 2 con sông lớn là sông Cổ Chiên và sông Hậu, phía Tây Bắc giáp tỉnh Vĩnh Long; phía Đông giáp tỉnh Bến Tre với sông Cổ Chiên; phía Tây giáp tỉnh Sóc Trăng với sông Hậu; phía Nam và Đông Nam giáp biển Đông với hơn 65 km bờ biển, khí hậu chia thành 2 mùa rõ rệt (mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau).

Điều này đã tạo điều kiện trồng 3 vụ lúa trong năm; Vụ Đông Xuân, Hè Thu và vụ Thu Đông; trong đó, vụ Đông Xuân và Hè Thu là 2 vụ cần tưới tiêu nhiều nhất vì độ chênh lệch mực nước giữa kênh rạch với mặt ruộng dao động từ 0,1 đến 1m.

Hiện tại, tại khu vực tỉnh Trà Vinh, chủ yếu sử dụng máy Diesel D6 (công suất 6hp) để bơm nước vào ruộng lúa, lượng nước bơm được từ 50-70m³/h đáp ứng nhu cầu khoảng (500-700)m² mặt ruộng như ở Hình 1.

Máy có tổng khối lượng trên 100kg. Khoảng cách giữa 2 lần bơm từ 3-5 ngày 1 lần, số lần bơm cho 1 vụ mùa từ 7-10 lần/vụ. Như vậy, chi phí cho một vụ mùa khá cao nếu đầu tư máy diesel, thuê mướn vận chuyển bảo trì máy, chi phí nhiên liệu... Nếu không đầu tư thì thuê máy bơm, dao động từ

Hình 1: Dùng động cơ Diesel bơm nước từ giếng khoan và mương

50 - 90 nghìn đồng/giờ tùy thuộc vào vị trí và điều kiện vận chuyển máy bơm đến thửa ruộng. Với giá nhiên liệu ngày càng tăng ≈ 25.000 đồng/lít dầu, tuổi thọ của máy diesel ngắn, từ 4 - 5 năm và hiệu suất máy thấp, từ 45 - 65% thì chi phí cho một vụ mùa ngày càng tăng cao khi vào mùa nắng nhiều.

Bên ngoài tỉnh, còn có một số công ty lớn chuyên về NLMT đã tạo ra hệ thống bơm nước chạy bằng NLMT, như: Công ty Thương mại Sài Gòn, bơm nước NLMT của Vũ Phong [5] chuyên cung cấp và lắp đặt thiết bị pin NLMT kết hợp lắp đặt bộ chuyển đổi năng lượng điện DC-AC để phục vụ công nghiệp và dân dụng.

Trên thế giới, các công trình nghiên cứu NLMT và ứng dụng rất rộng rãi như: Công trình "Pumping Water for Irrigation Using Solar Energy" [6] đã phân tích các số liệu và cấu trúc của pin năng lượng, khả năng hấp thu NLMT chuyển hóa thành năng lượng điện, hay nói cách khác là hiệu suất tấm pin. Phân tích quá trình chuyển hóa năng lượng trong hệ thống bơm, tổn thất năng lượng trong hệ thống tưới tiêu. Công trình "Solar Powered Water Pumping Systems" [7] đề cập ứng dụng nguồn NLMT từ các tấm pin năng lượng dưới dạng nguồn điện DC qua bộ điều khiển để chạy động cơ DC tạo nguồn động lực cho hệ thống bơm nước, cũng như làm nguồn động lực cho các thiết bị khác phục vụ cho nông nghiệp. Tuy nhiên, hệ thống bơm sử dụng được nhiều đối tượng khác nhau không phù hợp cho một đối tượng cụ thể như lấy nước vào ruộng lúa, có đặc tính riêng là độ chênh mực nước giữa ruộng và kênh chứa nước

thấp ($< 1,3\text{m}$), từ đó nhóm thiết kế cơ cấu bơm phù hợp để nâng cao hiệu suất bơm lên 2-3 lần so với bơm thông thường.

Dựa vào tình hình thực tế tại địa phương, tính đặc thù của thổ nhưỡng và điều kiện cơ sở vật chất tại Bộ môn: Điện - Điện tử, Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh, đồng thời tạo nguồn cảm hứng, động lực trong công tác nghiên cứu khoa học cho giáo viên và sinh viên, nhóm tác giả quyết định thiết kế, lắp đặt hệ thống bơm nước sử dụng NLMT (công suất 2,2kW) phục vụ bơm nước vào ruộng, với mức chi phí hợp lý 20 - 25 triệu đồng.

2. Giải pháp đề xuất

Để thiết kế, lắp đặt hệ thống bơm nước vào ruộng lúa, nhóm đã khảo sát độ chênh lệch mực nước giữa kênh và ruộng, tìm hiểu đặc tính pin NLMT, tìm hiểu công suất phát, hiệu suất của pin tại khu vực tỉnh Trà Vinh. Tính toán chọn công suất pin, số tấm pin sử dụng. Thiết kế bộ chuyển đổi công suất từ nguồn DC sang nguồn AC 3 pha cấp cho động cơ không đồng bộ 3 pha 2,2 kW kéo đầu bơm nước công suất 60m³/h.

2.1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống bơm đề xuất sử dụng năng lượng mặt trời

Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển và mạch động lực của hệ thống bơm nước công suất 2,2Kw được mô tả như Hình 2:

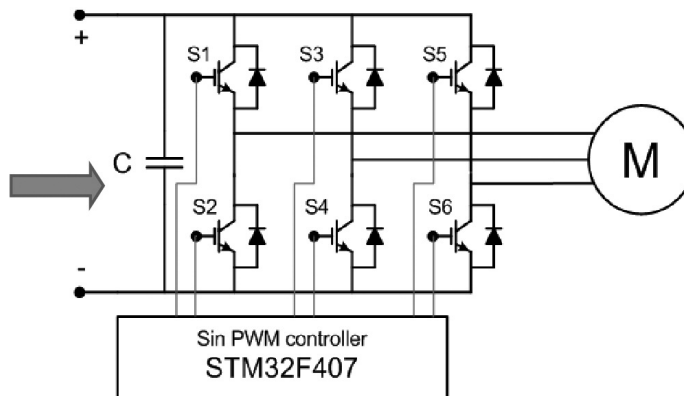
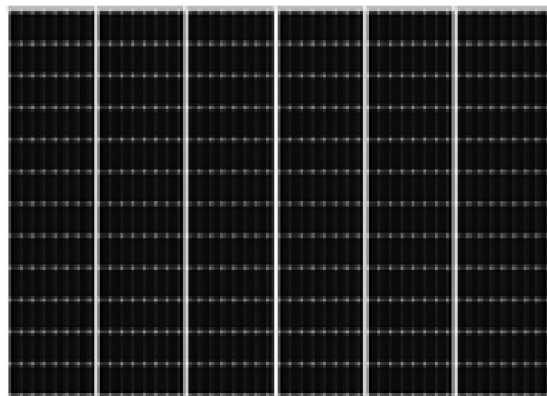
Thiết kế hệ thống bơm nước gồm có các phần cơ bản như sau:

2.1.1. Tính chọn số lượng và thông số kỹ thuật các tấm pin và khung đỡ

a) Thông số kỹ thuật các tấm pin

Căn cứ vào công suất tải sử dụng 2,2kW, tác giả

Hình 2: Sơ đồ nguyên lý hệ thống



Bảng 3. Thông số kỹ thuật của tấm pin

Tấm pin công suất 390 Wp		
Thông số kỹ thuật điện	Công suất định mức tại STC (P_{mpp})	390Wp
	Điện áp hở mạch (V_{oc})	48,2V
	Dòng ngắn mạch tại STC (I_{so})	10,17A
	Điện áp MPP (V_{mpp})	40,4V
	Dòng điện (I_{mpp})	9,66A
	Nhiệt độ vận hành	25°C -85°C
Thông số kỹ thuật cơ khí	Số cell trong tấm pin	144[2x(12*6)]
	Kích thước (L*W*H)	2000*992*35mm
	Trọng lượng	22,5kg
	Công nghệ khung	Anod nhôm
	Tiêu chuẩn	IP68
	Tải trọng tối đa	5400Pa

tính chọn 6 tấm pin đấu nối tiếp nhau với mỗi tấm pin có thông số kỹ thuật điện và thông số kỹ thuật cơ khí như [Bảng 3] và thông số vận hành hệ thống: Điện áp hở mạch: 289,2V; Dòng điện định mức: 9,66A; Điện áp V_{mpp} : 242V; Công suất P_{mpp} : 2340W. (Bảng 3)

b) Thiết kế khung đỡ hệ thống pin

Các tấm pin được cố định trên khung sắt không gỉ có kích thước: chiều dài 6m, chiều rộng 1,4m; chiều cao 1,6m và dễ lắp ráp, tháo dỡ nhờ hệ thống chốt khóa, được thiết kế để lắp đặt và tháo lắp khi vận chuyển.

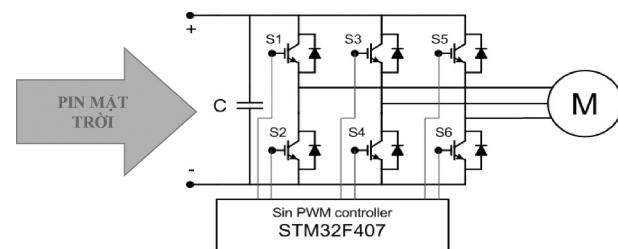
2.1.2. Thiết kế hệ thống nghịch lưu DC/AC 3 pha

Bộ chuyển đổi nguồn DC từ đầu ra của 6 tấm pin sang nguồn AC 3 pha cấp cho động cơ bằng kỹ thuật điều chế SinPWM [8-9] để điều khiển khóa/mở bán dẫn: IGBT FGH40N60SFD 40A như Hình 3. Mạch phát xung sử dụng board STM32F407 được viết code điều khiển trên phần mềm Matlab và thư viện Weijung 17.03a. (Hình 3, 4, 5)

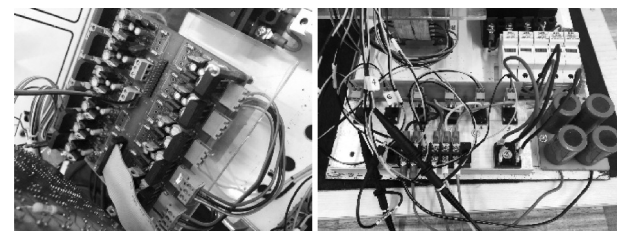
2.2. Thực nghiệm bộ nghịch lưu AC 3 pha với tải R và động cơ (Hình 6, 7, 8)

1) Trong trường hợp tải điện trở: Điện áp nguồn cấp 1 pha 50Vac, điện áp DC trên tụ 70 Vdc, điện áp ngõ ra 3 pha tần số 50Hz, tần số có thể thay đổi được khi thay đổi tần số sóng điều khiển.

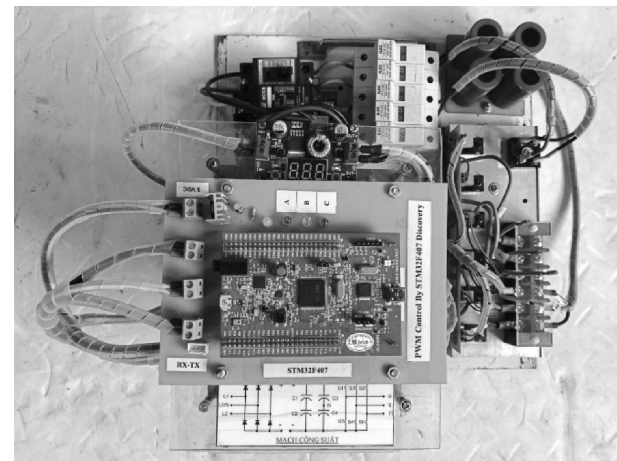
Hình 3: Sơ đồ nguyên lý mạch chuyển đổi DC sang AC 3 pha



Hình 4: Mạch nguồn kích và mạch công suất



Hình 5: Phần cứng bộ nghịch lưu đã hoàn chỉnh

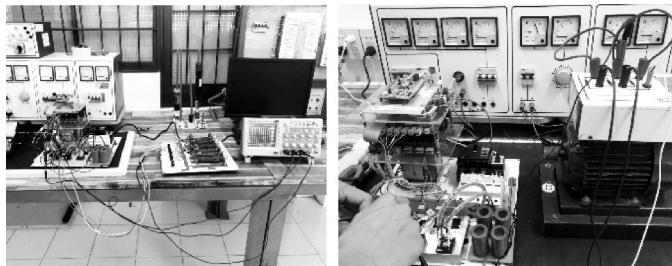


2) Trong trường hợp tải động cơ không đồng bộ 3 pha: Điện áp nguồn cấp 1 pha 220Vac, điện áp DC trên tụ 310 Vdc, điện áp ngõ xoay chiều 3 pha, 220 Vac tần số 50Hz, tần số có thể thay đổi được khi thay đổi tần số sóng điều khiển.

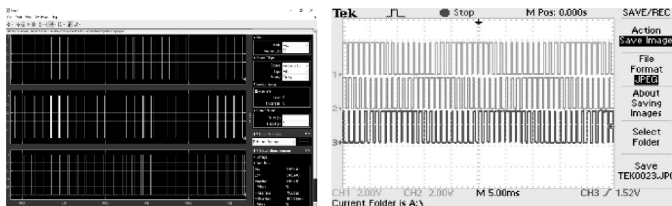
3) Tính chọn động cơ: Căn cứ vào công suất phát từ bộ nghịch lưu chọn động cơ bơm nước là động cơ “Không đồng bộ” có thông số kỹ thuật như sau: (Bảng 4)

Cấu tạo đơn giản, chắc chắn, giá thành rẻ. Được ứng dụng rộng rãi trong dân dụng, công nghiệp. Dải công suất rộng từ vài chục Watt đến vài mega Watt. Người nông dân dễ tìm mua, dễ sửa chữa.

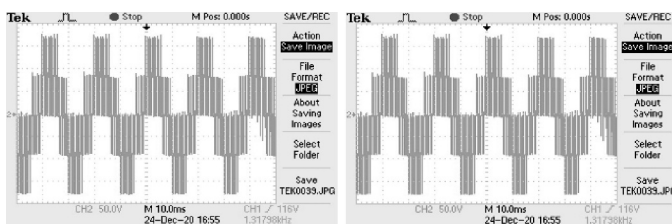
Hình 6: Tải pha 2R đấu nối tiếp (a); Tải động cơ không đồng bộ (b)



Hình 7: Xung kích IGBT S1; S3; S5, mô phỏng và thực nghiệm



Hình 8: Dạng sóng ngõ ra bộ nghịch lưu 1 và 3 pha



3. Kết quả thảo luận

1) Vận hành mô hình và thu thập số liệu: Mô hình được lắp đặt, vận hành vào thời điểm ban ngày, từ 7h00 sáng đến 16h55 chiều tại khu thực tập trồng trọt của Bộ môn: Nông nghiệp, Khoa nông nghiệp - Thủy sản, Trường Đại học Trà Vinh và tiến hành thu thập các thông số với tần suất 10 phút/lần từ 7h00 đến 15h20 và sau 15h20 cứ 5 phút lấy mẫu/lần, tương đương 70 mẫu/ngày và lấy trong 05 ngày với tổng số mẫu là 310 mẫu. Thực hiện lấy mẫu bằng phương pháp thủ công số liệu được ghi lại và xử lý như ở [Bảng 5, 6].

Các bước thực hiện lấy mẫu như sau:

- Chuẩn bị thùng đựng nước 60 lít, máy quay phim, bảng ghi nhận thông số.
- Lấy mẫu bắt đầu lúc 7h00 ở tần số là 26Hz, tiến hành lấy đầy thùng 60 lít và thực hiện 3 lần, được máy quay ghi hình lại.
- Căn cứ vào bảng lấy mẫu, tăng tần số (f) bộ

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của động cơ

Công suất P_{dm}	2,2kW
Điện áp U_{dm}	200V
Dòng điện I_{dm}	8,65A
Số cực 2p	2
Tần số f	60Hz
Tốc độ n_{dm}	2840v/p

nghịch lưu từ 26Hz đến 60Hz, tại mỗi tần số, ta thực hiện lấy mẫu tương tự như ở tần số 26Hz.

2) Kết quả cho thấy, tần số thấp nhất $f_{min} = 26Hz$ lúc 7h00 sáng và tăng dần đến 60Hz lúc 12h50. Vào buổi chiều thì ngược lại, tần số giảm dần từ 60Hz xuống 26Hz lúc 16h55 chiều. Điều này cũng tương ứng với lượng nước bơm lên ít nhất $10,8m^3/h$ tại tần số $f_{min} = 26Hz$ và nhiều nhất $86,4m^3/h$ tại tần số $f_{max} = 60Hz$. Kết quả này cũng cho thấy mối quan hệ giữa các thông số: Thời gian thực (h) ban ngày và tần số (f); Thời gian thực (h) ban ngày và điện áp ngõ ra (Vac) và Thời gian thực (h) ban ngày và thể tích nước (m^3/h) bơm được.

4. Kết luận

Bài viết đã trình bày giải pháp sử dụng nguồn NLMT thông qua bộ chuyển đổi công suất DC/AC 3 pha điều khiển điện áp ngõ ra bằng phần mềm Matlab, vận hành được hệ thống bơm nước với động cơ điện không đồng bộ 3 pha 2,2kW. Nội dung thực nghiệm mô hình cũng được thử nghiệm trong 5 ngày (04/4/2021- 08/4/2021) trên ruộng lúa của Bộ môn Nông nghiệp, Khoa Nông nghiệp - Thủy sản, Trường Đại học Trà Vinh và độ chênh lệch mức nước giữa kênh và ruộng lúa ($H = 1,2m$).

Với hệ thống bơm nước sử dụng nguồn NLMT công suất 2,2kW, lưu lượng đạt được $10,8m^3/h$ đến $84,6m^3/h$. Hoạt động từ 7h00 - 16h55. Từ đó cho thấy, việc sử dụng mô hình bơm nước đề xuất trong bài báo này hoàn toàn có khả năng áp dụng rộng rãi vào thực tế ở các địa phương có điều kiện canh tác nông nghiệp tương tự trong và ngoài tỉnh Trà Vinh; góp phần giảm chi phí và tăng lợi nhuận hơn so với kiểu bơm bằng máy xăng, dầu truyền thống ■

**Bảng 5. Thông số thu thập vào buổi sáng
(7h00-16h55)**

Thời gian (h)	Tần số (f)	Giây/ 60 lít (s/l)	Mét khối i/giờ (m ³ /h)	Điện áp (Vac)
7h.00	26	20	10,8	85,30
7h.10	27	15	14,4	88,70
7h.20	28	13	16,6	91,40
7h.30	29	11	19,4	94,50
7h.40	30	9,0	24,0	97,60
7h.50	31	8,5	25,4	100,4
8h.00	32	8,0	27,0	103,5
8h.10	33	7,5	28,8	105,9
8h.20	34	6,9	31,3	109,0
8h.30	35	6,4	33,8	112,3
8h.40	36	6,0	36,0	115,7
8h.50	37	5,7	37,9	119,6
9h.00	38	5,5	39,3	123,2
9h.10	39	5,2	41,4	125,0
9h.20	40	5,0	43,2	126,8
9h.30	41	4,7	46,0	129,7
9h.40	42	4,5	48,0	133,0
9h.50	43	4,3	50,2	137,6
10h.00	44	4,2	51,4	139,3
10h.10	45	4,0	54,0	140,4
10h.20	46	3,9	55,4	141,8
10h.30	47	3,8	56,8	147,6
10h.40	48	3,7	58,4	151,3
10h.50	49	3,6	60,0	153,6
11h.00	50	3,5	61,7	155,7
11h.10	51	3,4	63,5	156,9
11h.20	52	3,3	65,4	158,3
11h.30	53	3,2	67,5	159,8
11h.40	54	3,1	69,7	162,2
11h.50	55	3,0	72,0	164,7
12h.00	56	2,9	74,5	167,3
12h.10	57	2,8	77,1	169,2
12h.20	58	2,7	80,0	171,4
12h.30	59	2,6	83,1	175,0
12h.40	60	2,5	86,4	176,7

**Bảng 6. Thông số thu thập vào buổi chiều
(12h50-16h55)**

Thời gian (h)	Tần số (f)	Giây/ 60 lít (s/l)	Mét khối i/giờ (m ³ /h)	Điện áp (Vac)
12h.50	60	2,5	86,4	178,1
13h.00	59	2,6	83,1	176,7
13h.10	58	2,7	80,0	174,0
13h.20	57	2,8	77,1	171,4
13h.30	56	2,9	74,5	169,4
13h.40	55	3,0	72,0	167,3
13h.50	54	3,1	69,7	164,0
14h.00	53	3,2	67,5	162,2
14h.10	52	3,3	65,4	159,2
14h.20	51	3,4	63,5	158,3
14h.30	50	3,5	61,7	157,0
14h.40	49	3,6	60,0	153,6
14h.50	48	3,7	58,4	151,3
15h.00	47	3,8	56,8	147,6
15h.10	46	3,9	55,4	144,8
15h.20	45	4,0	54,0	142,8
15h.25	44	4,1	52,7	140,0
15h.30	43	4,2	51,4	138,3
15h.35	42	4,3	50,2	136,0
15h.40	41	4,5	48,0	133,0
15h.45	40	5,0	43,2	130,0
15h.50	39	5,2	41,4	126,8
15h.55	38	5,5	39,3	125,0
16h.00	37	5,7	37,9	123,2
16h.05	36	6,0	36,0	118,0
16h.10	35	6,4	33,8	115,7
16h.15	34	6,9	31,3	113,0
16h.20	33	7,5	28,8	109,0
16h.25	32	8,0	27,0	106,0
16h.30	31	8,5	25,4	103,5
16h.35	30	9,0	24,5	100,0
16h.40	29	11	19,4	97,60
16h.45	28	13	16,6	94,30
16h.50	27	15	14,4	91,40
16h.55	26	20	10,8	85,30

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Các website:

<https://www.mpi.gov.vn>, <https://travinh.gov.vn>, <https://sct.travinh.gov.vn>, <https://thuongmaisaigon.vn/>,

2. Nhà máy Điện mặt trời Trung Nam Duyên hải, Trà Vinh (2019). Truy cập Dữ liệu tại <https://trungnamgroup.com.vn/dien-mat-troi-trung-nam-tra-vinh>

3. H.J. Helikson, D.Z. Haman and C.D. Baird (1991). Pumping Water for Irrigation Using Solar Energy. [Online] Available at <http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/48/13/00001/EH16300.PDF>

3. B.Eker (2005). Solar Powered Watter Pumping Systems. *Trakia Journal of Sciences*, 3(7), 7-11.

4. Nguyễn Văn Nhờ (2002). *Điện tử công suất*. TP. Hồ Chí Minh: NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

5. Nguyễn Đức Hiệu (2011). *Điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ được cấp nguồn bởi hệ chỉnh lưu-ngược lưu điều rộng xung sử dụng Card SPACE 1104*. Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.

Ngày nhận bài: 20/2/2023

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 16/3/2023

Ngày chấp nhận đăng bài: 12/4/2023

Thông tin tác giả:

NGUYỄN ĐỨC HIỆU

Trường Đại học Trà Vinh

**THE DESIGN OF A 2.2KW WATER PUMP
SYSTEM POWERED BY SOLAR ENERGY
FOR IRRIGATION OF RICE FIELDS**

● **NGUYEN DUC HIEU**

Trà Vinh University

ABSTRACT:

This study presents the design of a 2.2kW water pump system powered by solar energy for irrigation of rice fields. If it is a sunny day and the water level is not lower than 1.2 meters above the field level, this water pump system will work well. The system meets urgent requirements for dry rice fields in the dry season, reducing farming costs, increasing profits for farmers, and protecting the environment.

Keywords: solar battery, single phase DC/AC inverter, SinPWM control technique.