

THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI HÒA LƯỚI ĐIỆN 22kV

DESIGNING CONTROL IN A GRID 22KV CONNECTING PHOTO-VOLTAIC SYSTEM

Dương Quỳnh Nga

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên

TÓM TẮT

Việc nghiên cứu hệ thống điện năng lượng mặt trời nối lưới có ý nghĩa hết sức quan trọng góp phần khai thác triệt để nguồn năng lượng tự nhiên to lớn khi các nguồn năng lượng truyền thống đang ngày càng cạn kiệt.

Bài báo đưa ra một giải pháp điều khiển hệ thống điện sử dụng năng lượng mặt trời hòa lưới điện quốc gia.

Từ khóa: Hệ thống điện năng lượng mặt trời, hệ thống điện mặt trời hòa lưới, hòa lưới.

ABSTRACT

The studied grid connecting photo-voltaic system is very important. It crucially contributed to exploit the natural energy when traditional energy is dwindling.

The paper gives a solution electrical control system uses solar power national grid.

Key word: The Photo-Voltaic system, Grid connected Photo-Voltaic system, Connected Grid.

Ký hiệu

PV: Dàn Pin mặt trời

U_{PV} , I_{PV} : là điện áp và dòng điện của dàn Pin mặt trời

U_G , I_G : là dòng điện ba pha của Lưới điện.

C_{DC} : điện dung của bộ DC link

R_f , L_f là điện trở, điện kháng lưới điện.

SVM : Phương pháp điều chế vectơ không gian

DC – DC: Bộ biến đổi một chiều - một chiều (Bộ tăng thế hay bộ Boost Converter)

DC – AC: Bộ biến đổi một chiều – xoay chiều (Bộ nghịch lưu)

Chữ viết tắt

NLMT: Năng lượng mặt trời

PMT: Pin mặt trời

MPPT: Maximum Power Point Tracking

NL: Nghịch lưu

PWM: Pulse - Width – Modulation

VSI: Voltage Source Inverter

L: Lưới điện

1. Mở đầu

Năng lượng mặt trời là một trong các nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất

mà thiên nhiên ban tặng cho hành tinh chúng ta. Đồng thời nó cũng là nguồn gốc của các nguồn năng lượng tái tạo khác như năng lượng gió, năng lượng sinh khối, năng lượng các dòng sông,... Năng lượng mặt trời có thể nói là vô tận. Tuy nhiên, để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng này cần phải biết các đặc trưng và tính chất cơ bản của nó, đặc biệt khi tới bề mặt trái đất.

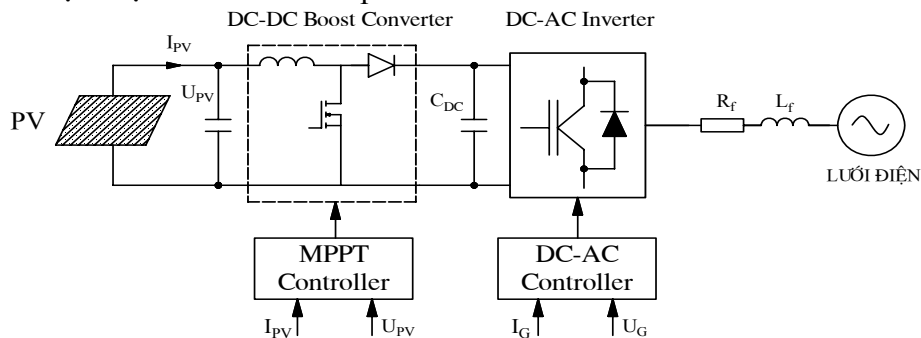
Việt Nam là một quốc gia đang phát triển, do đó nhu cầu năng lượng ngày càng tăng. Hiện tại chính sách quốc gia của Việt Nam về nhu cầu năng lượng dựa vào việc thiết lập hệ thống các nhà thủy điện, nhà máy nhiệt điện tua bin hơi và tua bin khí, một số nhà máy điện nguyên tử... Tuy nhiên, để đảm bảo phát triển bền vững và đặc biệt cân bằng được năng lượng của quốc gia trong tương lai, Việt Nam đã và đang tập trung nghiên cứu phát triển các nguồn năng lượng mới trong đó Năng lượng mặt trời vẫn là một nguồn năng lượng tối ưu trong tương lai cho điều kiện Việt Nam đứng về phương diện địa dư và nhu cầu phát triển kinh tế. Những chuyển biến gần đây cho thấy ứng dụng, khai thác năng lượng mặt trời đã có những bước tiến mới.

Đề khai thác và sử dụng NLMT một cách hiệu quả cần có một hệ thống lưới điện thông minh. Khi có ánh sáng mặt trời sẽ tạo ra năng lượng một chiều (DC), Nguồn năng lượng một chiều này được chuyển đổi thành điện năng xoay chiều (AC) bởi bộ nghịch lưu. Bộ điều khiển có chức năng truyền năng lượng này đến lưới điện.

2. Lý thuyết hệ thống điện NLMT nối lưới

Trong thực tế chúng ta đã gặp rất nhiều hệ thống điện mặt trời độc lập. Công nghệ này thường được ứng dụng cho các khu vực không có lưới điện công nghiệp hoặc cho các tải tiêu thụ đặc biệt, công suất nhỏ. Nhược điểm là phải dùng bộ ắc quy, vừa đắt tiền, vừa phải chăm sóc thường xuyên và vừa gây ô nhiễm môi trường. Mặt khác bộ ắc quy cũng chỉ tích được một lượng điện năng có hạn, còn với các dàn pin mặt trời hàng chục hay hàng trăm kW thì sử dụng ắc quy tích điện là một vấn đề khó khăn rất lớn, thậm chí là không thể.

Đối với các ứng dụng quy mô lớn người ta sử dụng công nghệ điện mặt trời nối lưới. Trong công nghệ này, điện từ máy phát là dàn pin mặt trời được biến đổi thành dòng xoay chiều có hiệu điện thế và tần số phù

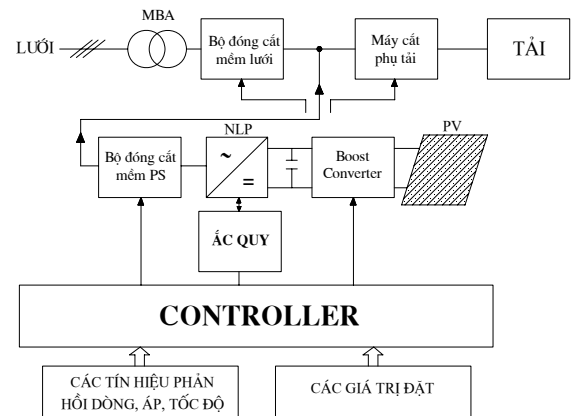


Hình 2: Sơ đồ nguyên lý điều khiển hệ thống

Trong đó : MPPT Controller là bộ điều khiển công suất cực đại từ dàn Pin mặt trời. Bộ này có tác dụng điều khiển cho năng lượng từ dàn pin mặt trời luôn MAX trong mọi điều kiện không ổn định về thời tiết, khí hậu, thời gian sáng tối, cường độ bức xạ... Tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển MPPT trực tiếp điều khiển đóng mở van của bộ DC – DC.

hợp nhờ các bộ biến đổi điện (Inverter) và được hòa vào mạng lưới điện công nghiệp. Khi sử dụng điện người ta lại lấy điện từ lưới. Mạng lưới điện có vai trò như một “ngân hàng”, tích trữ điện năng lúc dàn pin mặt trời phát điện và cung cấp trở lại người tiêu dùng khi cần thiết. Nhờ ngân hàng điện này mà việc sử dụng luôn ổn định và rất tiết kiệm điện.

Hình 1 trình bày tổng quan về hệ thống điện Năng lượng Mặt trời nối lưới.



Hình 1: Hệ thống điện NLMT nối lưới

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý điều khiển toàn hệ thống:

3. Giải pháp điều khiển hệ thống điện mặt trời nối lưới

Bài báo đề xuất một giải pháp điều khiển hệ thống điện nối lưới. Thuật toán điều khiển từ phân và toàn hệ thống được mô phỏng trên phần mềm Matlab Simulink.

a. Dàn Pin mặt trời:

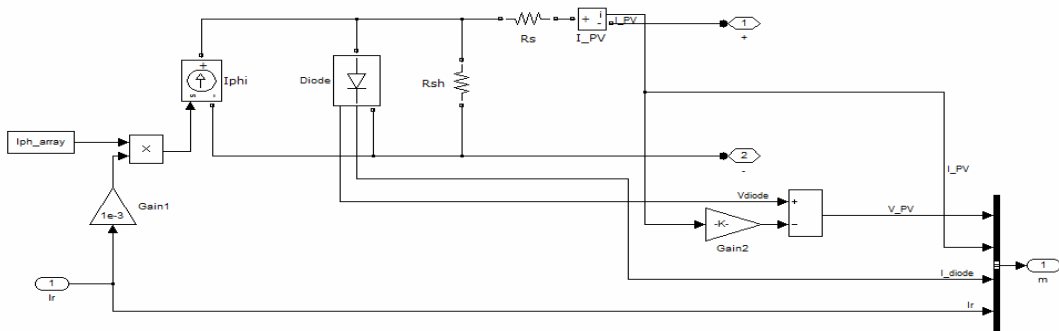
Chọn dàn Pin Mặt trời:

- Loại Modul: SunPower SPR – 305 – WHT

- Số lượng: 330 modul
- Dàn Pin Mặt trời gồm 66 dãy pin đặt song song với nhau, mỗi dãy Pin đặt 5 modul nối tiếp nhau. Công suất dàn pin là: $66.5.305,2 = 100,7 \text{ kW}$.

Thông số dàn pin:

- Điện áp hở mạch: $U_{oc} = 64,2 \text{ V}$; Dòng điện $I_{sc} = 5,96 \text{ A}$
- Dòng và áp tại điểm công suất dàn pin cực đại là:
 $U_{mp} = 54,7 \text{ V}; I_{mp} = 5,58 \text{ A}$



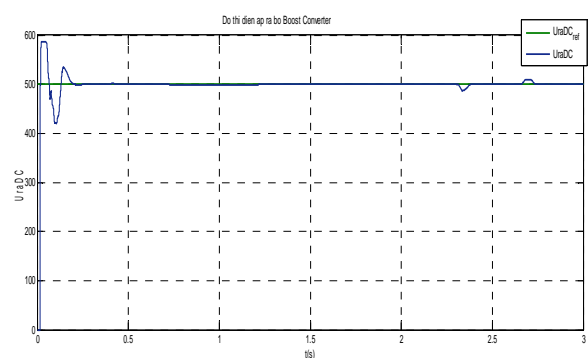
Hình 3: Sơ đồ mô phỏng điều khiển Dàn pin mặt trời

b. Mạch điều khiển cho bộ Boost Converter

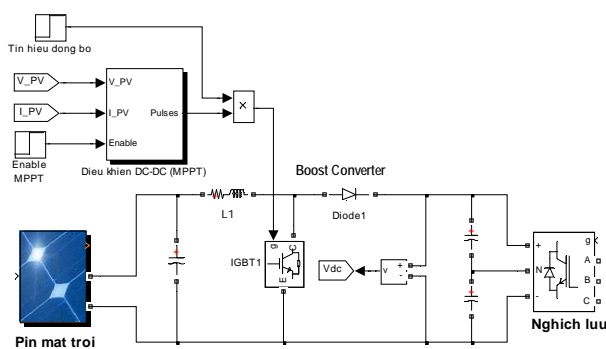
Bộ điều khiển cho bộ Boost Converter lấy tín hiệu vào là điện áp từ dàn Pin Mặt trời U_{PV} , xuất tín hiệu ra U_{DC} để đưa tới đầu vào bộ nghịch lưu DC/AC.

Bộ Boost Converter thực hiện nhiệm vụ chuyển đổi điện áp một chiều từ $273,5 \text{ V}$ lên 500 V . Trong quá trình chuyển đổi điện áp này có sự can thiệp của bộ điều khiển lấy điểm công suất dàn Pin cực đại MPPT.

Tiến hành mô phỏng trên phần mềm Matlab Simulink với thông số: $C_3 = 100 \mu\text{F}$, $C_1 = C_2 = 12000 \mu\text{F}$; $L_1 = 5 \text{ mH}$, $R_1 = 0,005 \Omega$ sẽ cho kết quả như hình 5.



Hình 5: Đồ thị điện áp ra bộ DC-DC



Hình 4: Sơ đồ mô phỏng bộ Boost Converter

c. Mạch điều khiển cho bộ nghịch lưu áp ba pha DC/AC (Voltage Source Inverter - VSI)

Để điều khiển cho bộ nghịch lưu DC/AC có hai cách điều khiển chính là điều khiển dòng và điều khiển áp. Nhưng điều khiển dòng có thuận lợi và phù hợp với điều khiển nối lưới hơn so với điều khiển áp nên tác giả chọn phương pháp điều khiển cho bộ nghịch lưu là điều khiển dòng.

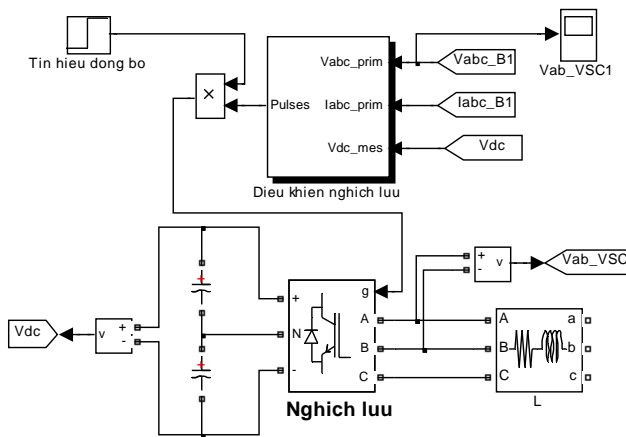
Mạch điều khiển của nghịch lưu sẽ tạo ra tín hiệu điều khiển hoạt động của các IGBT, tín hiệu điều khiển nghịch lưu được thiết kế theo kiểu điều chế độ rộng xung (PWM). Tuy nhiên để giảm sóng hài, nâng cao chất lượng điện áp đầu ra người ta sử dụng điều chế véc tơ không gian (SVM).

Hệ thống điều khiển nghịch lưu sử dụng hai mạch vòng điều khiển. Thứ nhất là mạch

vòng điều khiển phía ngoài để điều chỉnh ổn định điện áp mạch DC link ở mức điện áp 250V. Thứ hai là mạch vòng điều khiển bên trong để điều khiển dòng điện phản hồi từ lưới I_d và I_q .

Dòng điện I_{dref} là đầu ra của bộ điều khiển điện áp một chiều phía ngoài. Để duy trì hệ số công suất hệ thống lấy tham chiếu $I_{qref} = 0$.

Điện áp U_d và U_q thu được ở đầu ra bộ điều khiển dòng. Hai điện áp này được tính toán để đưa ra tín hiệu điện áp đặt U_{ref_abc} hợp lý cho bộ phát xung điều khiển sử dụng phương pháp điều chế SVM ở bộ nghịch lưu DC/AC.



Hình 6: Sơ đồ mô phỏng điều khiển bộ DC/AC

d. Mạch vòng khóa pha PLL (Phase-locked-loop):

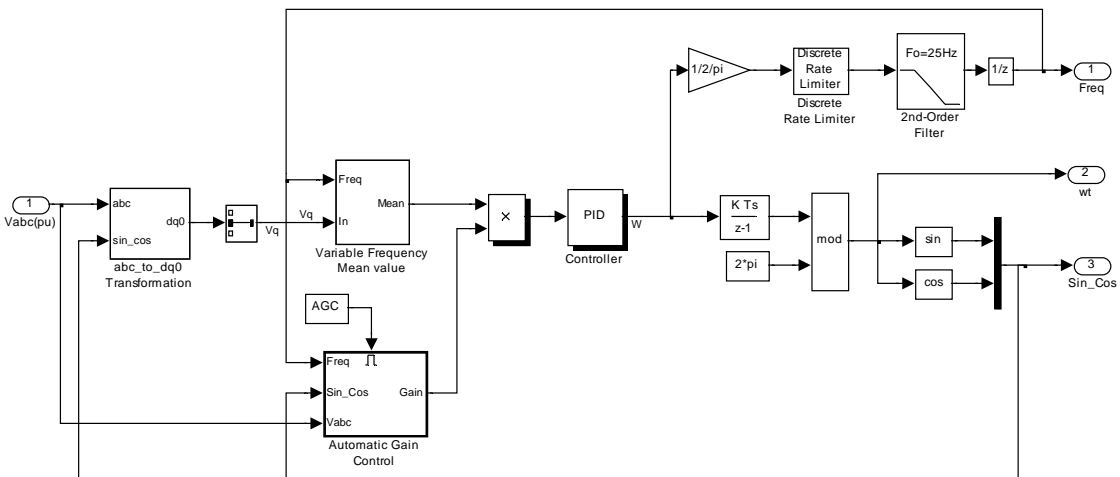
PLL (Phase-locked-loop) là một hệ thống hồi tiếp gồm có một bộ dò pha (Phase detector), bộ lọc thông thấp (LPF: Low-pass filter), bộ khuếch đại và mạch dao động điều khiển bằng điện áp (VCO: Voltage-controlled oscillator) trong một số mạch PLL thì bộ VCO có thể được thay thế bằng bộ CCO (Current-controlled oscillator- bộ tạo dao động được điều khiển bằng dòng).

Thực chất PLL hoạt động theo nguyên tắc vòng điều khiển mà đại lượng vào và ra là tần số và chúng được so sánh với nhau về pha. Vòng điều khiển pha có nhiệm vụ phát hiện và điều chỉnh những sai sót về tần số giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra, nghĩa là PLL là cho tần số ra f_o của tín hiệu so sánh bám theo tần số vào f_i của tín hiệu vào.

Khi không có tín hiệu lỗi vào V_i , điện áp lỗi ra bộ khuếch đại $V_{out} = 0$, bộ dao động VCO hoạt động ở tần số tự nhiên f_N (được cài đặt bởi điện trở và tụ điện bên ngoài).

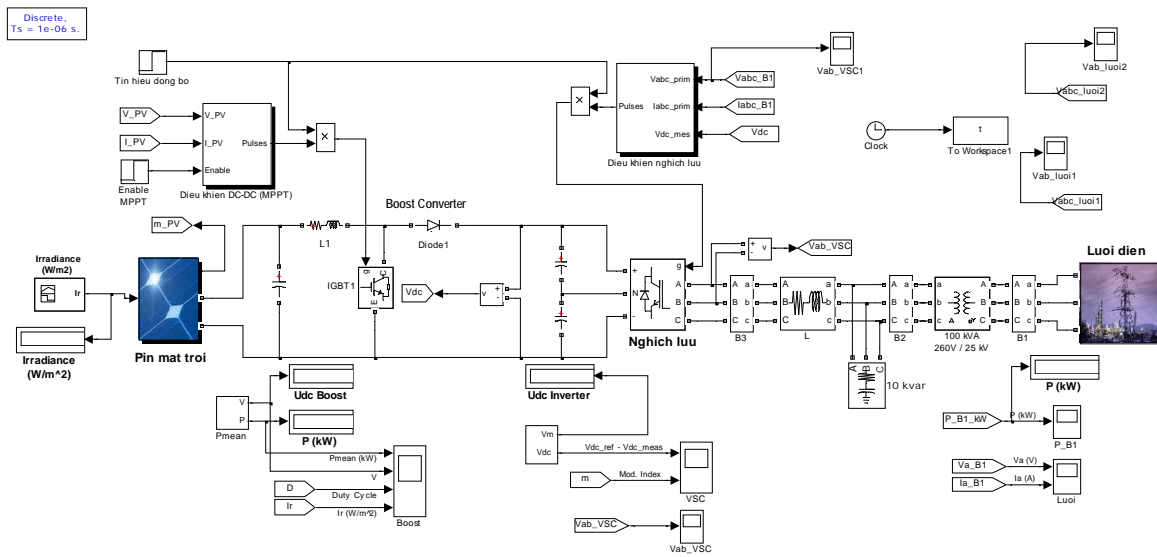
Dò pha số bằng cổng EXOR.

Việc sử dụng cổng EXOR so pha có hai điểm lợi là độ lợi toàn dải cao so với các cổng khác và xung ngõ ra có tần số gấp đôi bất chấp tần số ngõ vào.



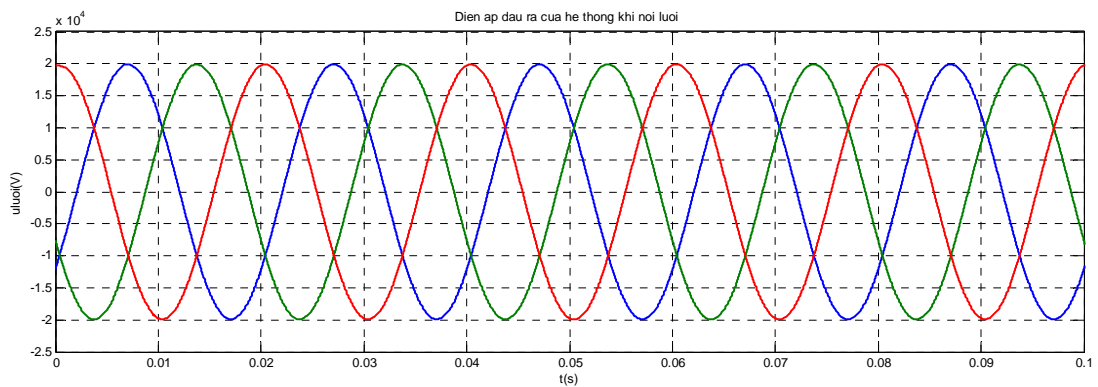
Hình 7: Sơ đồ mô tả mạch vòng khóa pha PLL

Mạch điều khiển toàn hệ thống được thể hiện như ở hình 8.



Hình 8: Mạch điều khiển toàn hệ thống

Kết quả mô phỏng



Hình 9: Điện áp đầu ra hệ thống khi nối lưới

4. Kết luận

- Bài báo đã trình bày vài nét tổng quan về nguồn năng lượng mặt trời và hệ thống điện năng lượng mặt trời nối lưới.
- Bài báo cũng đề xuất một giải pháp điều khiển hệ thống điện mặt trời nối lưới.
- Tiến hành mô phỏng trên phần mềm Matlab – Simulink và đã đưa ra kết quả mô phỏng.

Các kết quả mô phỏng thể hiện một cách trung thực, khẳng định tính đúng đắn của việc xây dựng thuật toán điều khiển.

- Cần nghiên cứu để tìm cách khắc phục sai lệch mô hình sao cho kết quả nghiên cứu giữa mô hình toán học và mô hình thực tế khác nhau không nhiều để các kết quả nghiên cứu với mô hình toán học có thể áp dụng trực tiếp cho mô hình thực tế.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Doãn Phước (2002) *Lý thuyết điều khiển tuyến tính*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [2] Nguyễn Phùng Quang (1998) *Điều khiển tự động truyền động điện xoay chiều ba pha (tái bản lần thứ 1)*. Nhà xuất bản giáo dục.

- [3] **Nguyễn Phùng Quang** (2004) *MATLAB & SIMULINK dành cho kỹ sư điều khiển tự động*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] **Nguyễn Phùng Quang, Andreas Dittrich** (2002) *Truyền động điện thông minh*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [5] **C. Cho; J. Jeon; J. Kim; S. Kwon; K. Park.; S. Kim**, “Active Synchronizing Control of a Microgrid” IEEE Transactions on Power Electronics, issue 99, pp., 2011.
- [6] **N. L. Srinivasa Rao; G. Govinda Rao; B. Ragnath**, “Power Flow Studies Of The Regional Grid With Inter State Tie-Line Constraints” IEEE Conference on Power Quality, pp. 165-171, 2002.
- [7] **R.D. Zimmerman; C.E. Murillo-Sánchez; R.J. Thomas**, “MATPOWER's Extensible Optimal Power Flow Architecture” IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-7, July 26-30 2009.
- [8] **O. Wasynczuk, N. A. Anwah**. *Modeling and dynamic performance of a self-commutated photovoltaic inverter system*. IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 4, Issue 3, pp. 322-328, 1989.
- [9] **Trần Bách**, “*Lưới điện và Hệ thống điện*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000.
- [10] **Lã Văn Út**, “*Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện*”, Nxb Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [11] **Nguyễn Hồng Anh, Nguyễn Minh trí**, “*Ứng dụng hệ mờ điều khiển SVC trên lưới điện*” Tạp chí khoa học số 15 + 16 Đại học Đà Nẵng.
- [12] **Phạm Thị Hồng Anh**, “*Xây dựng bộ điều khiển nối lưới nguồn năng lượng mặt trời*.” Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, chuyên ngành tự động hóa; 2012.

SUMMARY

DESIGNING CONTROL IN A GRID 22KV CONNECTING PHOTO-VOLTAIC SYSTEM

This Paper

Th.S Dương Quỳnh Nga

Sinh năm 1985

Điện thoại: 0977866253.

Email: binhminh11@gmail.com