



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
2-0002248

(51)⁷ **F04B 49/06**

(13) **Y**

(21) 2-2018-00547

(22) 25.12.2018

(45) 27.01.2020 382

(43) 25.09.2019 378

(73) **VIỆN THỦY ĐIỆN VÀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO (VN)**

Số 8 ngõ 95 Chùa Bộc, phường Trung Liet, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(72) Lê Việt Hùng (VN), Trần Trung Hiếu (VN), Đỗ Ngọc ánh (VN), Phạm Thị Hoài (VN), Trần Thiết Hùng (VN), Nguyễn Đức Thuận (VN), Nguyễn Khang Ninh (VN), Ngô Thị Thanh Nga (VN), Nguyễn Bích Thảo (VN), Phạm Phúc Yên (VN)

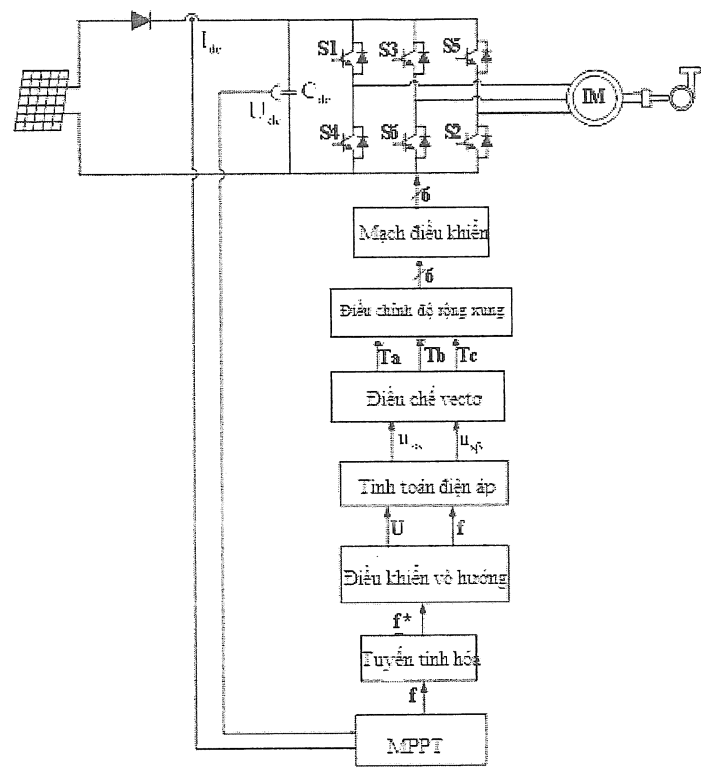
(54) **THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN MÁY BƠM NƯỚC SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI**

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất thiết bị điều khiển máy bơm sử dụng năng lượng mặt trời bao gồm:

- bộ phận biến đổi điện tử công suất (khối mạch lực) bao gồm bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha và các mạch đo, bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha này lấy điện áp một chiều từ tấm pin năng lượng mặt trời, biến đổi điện áp này thành điện áp một chiều phù hợp với bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều sau khi biến đổi được đưa tới bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều được biến đổi thành điện áp xoay chiều ba pha sử dụng cho việc điều khiển động cơ, tần số của điện áp xoay chiều ba pha được điều chỉnh tùy thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời;

- bộ phận vi điều khiển bao gồm khối điều khiển thụ động (slave) sử dụng các vi điều khiển dsp TMS320F28069 để thực hiện cấu trúc điều khiển và khối điều khiển chính (master) sử dụng vi điều khiển dsPIC33FJ64GP802 giao tiếp với các ngoại vi màn hình và nút nhấn được sử dụng để làm giao diện vận hành và giám sát cho hệ thống, bộ phận vi điều khiển bơm sử dụng thuật toán MPPT (dò điểm công suất lớn nhất - maximum power point tracking) để tìm điểm công suất lớn nhất theo cường độ bức xạ mặt trời, từ đó điều chỉnh tần số đầu ra của bộ điều khiển bơm phù hợp với công suất lớn nhất. Thuật toán MPPT nằm trong bộ phận

vi điều khiển. Bộ vi điều khiển có chức năng đo dòng điện và điện áp đầu vào từ tấm pin năng lượng mặt trời, tìm điểm công suất lớn nhất và điều khiển chế độ bơm.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị điều khiển máy bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Trong những năm gần đây, vì sự thiếu hụt năng lượng trên khắp thế giới và vấn đề sử dụng năng lượng an toàn đã dẫn đến ngày càng có nhiều sự quan tâm đến phát điện từ các nguồn năng lượng tái tạo. Các lợi ích từ các nguồn năng lượng tái tạo đã được thừa nhận rộng rãi. Trong số các nguồn năng lượng tái tạo thì năng lượng mặt trời không phát ra bất kỳ chất độc nào làm ô nhiễm nước, không khí hay đất, và hơn nữa, năng lượng mặt trời là vô tận, không bao giờ hết được. Một trong các cách để sử dụng năng lượng mặt trời hiệu quả là dùng pin quang điện (PV-Photovoltaic) kết nối lưới điện với quy mô lớn. Số hệ thống PV được nối với lưới điện đã gia tăng theo số mũ.

Mặt khác, với sự phát triển của công nghệ điện tử công suất và công nghệ xử lý tín hiệu, việc nghiên cứu bộ chuyển đổi đa bậc trở thành một trong những trọng tâm trong lĩnh vực điện tử công suất. So với các bộ chuyển đổi hai bậc thông thường, bộ chuyển đổi đa bậc có nhiều thuận lợi và điểm thu hút như sau:

- có thể tạo ra dạng sóng với lượng sóng hài thấp;
- chúng cho dòng ngõ ra với độ méo rất thấp;
- chúng phát ra điện áp chế độ thông thường (common-mode CM) thấp hơn.

Ngoài ra, việc sử dụng các phương pháp điều chế tinh vi, điện áp CM có thể được loại bỏ.

Chúng có thể vận hành với tần số đóng ngắt thấp hơn, dẫn đến tổn thất đóng cắt thấp hơn và hiệu suất cao hơn.

Chính vì những vấn đề trên mà việc nghiên cứu thiết bị được thiết kế kiểu mô đun mạch sử dụng năng lượng mặt trời điều khiển máy bơm là một vấn đề cần triển khai thực hiện trong giai đoạn hiện nay.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất thiết bị điều khiển máy bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời, thiết bị điều khiển này bao gồm:

- bộ phận biến đổi điện từ công suất (khởi mạch lực) bao gồm bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha và các mạch đo, bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha này lấy điện áp một chiều từ tấm pin năng lượng mặt trời, biến đổi điện áp này thành điện áp một chiều phù hợp với bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều sau khi biến đổi được đưa tới bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều được biến đổi thành điện áp xoay chiều ba pha sử dụng cho việc điều khiển động cơ, tần số của điện áp xoay chiều ba pha được điều chỉnh tùy thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời;

- bộ phận vi điều khiển bao gồm khối điều khiển thụ động (slave) sử dụng các vi điều khiển dsp TMS320F28069 để thực hiện cấu trúc điều khiển và khối điều khiển chính (master) sử dụng vi điều khiển dsPIC33FJ64GP802 giao tiếp với các ngoại vi màn hình và nút nhấn được sử dụng để làm giao diện vận hành và giám sát cho hệ thống, bộ phận vi điều khiển bơm sử dụng thuật toán MPPT (dò điểm công suất lớn nhất – maximum power point tracking) để tìm điểm công suất lớn nhất theo cường độ bức xạ mặt trời, từ đó điều chỉnh tần số đầu ra của bộ điều khiển bơm phù hợp với công suất lớn nhất. Thuật toán MPPT nằm trong bộ phận vi điều khiển. Bộ vi điều khiển có chức năng đo dòng điện và điện áp đầu vào từ tấm pin năng lượng mặt trời, tìm điểm công suất lớn nhất và điều khiển chế độ bơm. Ngoài ra bộ vi điều khiển còn có các tính năng bảo vệ quá dòng, ngắn mạch, chống chạy không tải đối với bơm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các đặc điểm của giải pháp hữu ích sẽ được hiểu rõ hơn nhờ phần mô tả chi tiết dưới đây cùng với những hình vẽ kèm dưới đây, trong đó:

Hình 1 là hình vẽ thể hiện hệ thống bơm năng lượng mặt trời;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện cấu trúc bộ điều khiển bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời;

Hình 3 là hình vẽ thể hiện thuật toán điều khiển dự báo sử dụng trong chương trình của bộ điều khiển bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Như được thể hiện trên Hình 2, thiết bị điều khiển máy bơm sử dụng năng lượng mặt trời bao gồm:

- bộ phận biến đổi điện từ công suất (khối mạch lực) bao gồm bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha và các mạch đo, bộ biến đổi nghịch lưu nguồn áp ba pha này lấy điện áp một chiều từ tấm pin năng lượng mặt trời, biến đổi điện áp này thành điện áp một chiều phù hợp với bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều sau khi biến đổi được đưa tới bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều được biến đổi thành điện áp xoay chiều ba pha sử dụng cho việc điều khiển động cơ, tần số của điện áp xoay chiều ba pha được điều chỉnh tùy thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời;

- bộ phận vi điều khiển bao gồm khối điều khiển thụ động (slave) sử dụng các vi điều khiển dsp TMS320F28069 để thực hiện cấu trúc điều khiển và khối điều khiển chính (master) sử dụng vi điều khiển dsPIC33FJ64GP802 giao tiếp với các ngoại vi màn hình và nút nhấn được sử dụng để làm giao diện vận hành và giám sát cho hệ thống, bộ phận vi điều khiển bơm sử dụng thuật toán MPPT (dò điểm công suất lớn nhất – maximum power point tracking) để tìm điểm công suất lớn nhất theo cường độ bức xạ mặt trời, từ đó điều chỉnh tần số đầu ra của bộ điều khiển bơm phù hợp với công suất lớn nhất. Thuật toán MPPT nằm trong bộ phận vi điều khiển. Bộ vi điều khiển có chức năng đo dòng điện và điện áp đầu vào từ tấm pin năng lượng mặt trời, tìm điểm công suất lớn nhất và điều khiển chế độ bơm. Ngoài ra bộ vi điều khiển còn có các tính năng bảo vệ quá dòng, ngắn mạch, chống chạy không tải đối với bơm.

- + khối điều khiển thụ động (slave): thực hiện các nhiệm vụ thiết yếu như đo các thông số về dòng điện, điện áp của tấm pin mặt trời. Sau đó tính toán công suất, lựa chọn điểm công suất làm việc cực đại dựa trên thuật toán MPPT. Đồng thời khối điều khiển thụ động có chức năng thực hiện thuật toán điều chế vectơ không gian chuyển đổi dòng điện một chiều sang xoay chiều để cung cấp năng lượng cho hoạt động của bơm. Ngoài ra, khối điều khiển thụ động thực hiện chức năng giao tiếp trao đổi dữ liệu với khối điều khiển chính, chính vì vậy

mà việc lựa chọn cấu hình cho khối điều khiển thụ động phải đặc biệt chú ý đến các cổng I/O, đặc biệt lựa chọn dòng vi điều khiển nào có chức năng cho việc thực hiện giải thuật điều chế vectơ không gian. Có chu kỳ vòng quét dài thực hiện với khối lượng lệnh lớn, cũng như dung lượng bộ nhớ cao. Với tiêu chí trên, nhóm tác giả quyết định lựa chọn dòng vi điều khiển dsp TMS320F28069. Vi điều khiển là dòng vi điều khiển rất mạnh với tám chân PWM hỗ trợ cho việc thực hiện điều chế vectơ không gian, hỗ trợ đến năm giao tiếp ngoại vi, và bộ ADC 12 bit, cũng như bộ nhớ ram, rom rất lớn thỏa mãn yêu cầu về cấu hình cho khối điều khiển thụ động với các yêu cầu của đề tài. Đặc biệt TMS320F28069 luôn là lựa chọn hàng đầu cho việc thiết kế và chế tạo biến tần. Sử dụng các vi điều khiển dsp TMS320F28069 để thực hiện cấu trúc điều khiển được nối với khối điều khiển chính để thực hiện các thay đổi từ bên ngoài, có hai sự lựa chọn cho các khóa đóng ngắt công suất để điều khiển động cơ là MOSFET (transistor hiệu ứng trường oxit kim loại – bán dẫn) và IGBT (transistor có cực điều khiển cách ly) vì khả năng chịu dòng và áp cao. Nói chung, những loại động cơ mà sử dụng các khóa đóng ngắt (MOSFET, IGBT) để điều khiển thì đều cần dùng đến mạch điều khiển (gate drive scheme). Có hai phần cơ bản trong việc điều khiển các đóng ngắt các linh kiện công suất là: điều khiển phía cao (high side Q1) và phía thấp (low side Q2). Thông thường MOSFET được sử dụng với các ứng dụng đòi hỏi tốc độ cao, tuy nhiên MOSFET không có khả năng chịu dòng điện cao. Trong khi đó IGBT thích hợp với các ứng dụng ở tốc độ thấp, tuy nhiên IGBT có khả năng chịu được dòng điện cao. Vì vậy tùy vào đặc điểm của ứng dụng mà có sự lựa chọn linh kiện phù hợp IGBT là linh kiện có tần số đóng cắt giới hạn thấp hơn so với MOSFET, vì vậy dẫn đến tổn thất công suất do đóng cắt linh kiện sẽ cao hơn đối với ở MOSFET có tần số đóng cắt cao hơn. Các kỹ thuật sử dụng IGBT trong điều khiển đã được sớm áp dụng cách đây hơn 10 năm. Có rất nhiều thay đổi cải thiện linh kiện với các ứng dụng khác nhau, nhiều công ty đã sản xuất ra nhiều dòng IGBT, một số được chế tạo thích hợp với các ứng dụng ở tốc độ thấp và điện áp VCE-SAT nhỏ, dẫn tới tổn hao sẽ nhỏ. Một số khác được sản xuất phù

hợp với các ứng dụng đòi hỏi tốc độ cao (60kHz đến 150 kHz) và có tổn thất công suất thấp hơn nhưng có VCE-SAT cao hơn. Khoảng 5 năm trở lại đây nhiều cải tiến trong việc sản xuất MOSFET có thể chấp nhận tần số đóng cắt cao hơn với RDS-ON nhỏ (khoảng vài miliohm) làm cho tổn thất công suất được giảm đi rất nhiều. Vì vậy ngày nay, đa số các bộ nghịch lưu thường sử dụng MOSFET hơn là IGBT như trước kia;

+ khối điều khiển chính trong bộ điều khiển bơm năng lượng mặt trời chủ yếu là nhiệm vụ thu nhận dữ liệu và hiển thị lên màn hình LCD, bên cạnh đó nhận các dữ liệu từ cảm biến cảnh báo mức nước, nhận các lệnh từ bàn phím. Chính vì vậy về cấu hình bộ nhớ của khối điều khiển chính không cần cao, nhưng đòi hỏi cần tốc độ xử lý cao, có các cổng ưu tiên đặc biệt là cổng truyền thông, vì trong khối điều khiển thụ động sẽ phải thực hiện hai loại ngắt truyền thông đó là ngắt UART để nhận các lệnh từ bàn phím và ngắt CAN để giao tiếp với khối điều khiển thụ động. Bên cạnh đó số lượng về cổng I/O cũng không cần đòi hỏi cao, vì ngoài các cổng I/O giao tiếp qua bàn phím thì cũng chỉ cần yêu cầu thêm bốn cổng I/O để nhận các tín hiệu từ cảm biến báo mức. Qua quá trình tìm hiểu nhóm tác giả lựa chọn dsPIC33FJ64GP802. Sử dụng vi điều khiển dsPIC33FJ64GP802 giao tiếp với các ngoại vi màn hình và nút nhấn được sử dụng để làm giao diện vận hành và giám sát cho hệ thống.

Như được thể hiện trên Hình 1, điện áp và dòng được đưa từ tám pin năng lượng mặt trời đến khối MPPT để tính toán ra tần số f từ đó được đưa tới khối tuyến tính hóa để đưa ra được tần số f^* đã được tuyến tính hóa để đưa tới khối điều khiển vô hướng từ đó tính toán được điện áp và tần số để đưa tới khối điều chế vectơ không gian tính toán ra điện áp ba pha để đưa tới khối điều chỉnh độ rộng xung từ đó đưa tín hiệu đến mạch điều khiển để điều khiển các transistor chuyển thành điện áp đầu vào của bơm để bơm có thể hoạt động, bơm được sử dụng ở đây là bơm ba pha không đồng bộ.

Như được thể hiện trên Hình 3, bộ điều khiển bơm sử dụng thuật toán MPPT (dò điểm công suất lớn nhất – Maximum power point tracking) kết hợp với thuật toán điều khiển dự báo (predictive control) để tìm điểm công suất lớn

nhất theo cường độ bức xạ mặt trời, từ đó điều chỉnh tần số đầu ra của bộ điều khiển bơm phù hợp với công suất lớn nhất, thuật toán MPPT nằm trong bộ phận vi điều khiển, bộ vi điều khiển có chức năng đo dòng điện và điện áp đầu vào từ tấm pin năng lượng mặt trời, tìm điểm công suất lớn nhất và điều khiển chế độ bơm, thuật toán MPPT kết hợp với thuật toán điều khiển dự báo được thực hiện theo các bước sau:

+ bước 1: đo điện áp, dòng, tần số;

+ bước 2: tính toán giá trị biến đổi ΔP , ΔV , ΔI thì sẽ xảy ra các trường hợp sau:

* trường hợp 1: $\Delta P=0$ thì tần số F_{ref} không đổi

* trường hợp 2: $\Delta P \neq 0$ thì sẽ xảy ra các trường hợp sau:

trường hợp 2.1: $\Delta P < 0$ thì $\Delta V > 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$ hoặc $\Delta V < 0$ thì $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$ hoặc $\Delta I < 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$

trường hợp 2.2: $\Delta P > 0$ thì $\Delta V > 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$, nếu $\Delta I < 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$ hoặc $\Delta V < 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$;

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Cung cấp ra thị trường một sản phẩm hoàn chỉnh là bộ điều khiển bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời, sản xuất trong nước, giá thành cạnh tranh được với sản phẩm nhập ngoại. Như vậy hệ thống bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời có thể tích hợp và lựa chọn hoàn toàn bằng các sản phẩm có sẵn trên thị trường và do Việt Nam sản xuất.

Ý nghĩa về mặt thực tiễn: bước đầu khẳng định điều kiện trong nước đủ khả năng tự lực tự cường về công nghệ sản xuất chế tạo bộ điều khiển bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị điều khiển máy bơm sử dụng năng lượng mặt trời bao gồm:

- bộ phận biến đổi điện từ công suất lấy điện áp một chiều từ tấm pin năng lượng mặt trời, biến đổi điện áp này thành điện áp một chiều và đưa tới bộ chuyển đổi DC/AC; bộ chuyển đổi DC/AC thực hiện biến đổi điện áp một chiều sau khi biến đổi được đưa tới bộ chuyển đổi DC/AC, điện áp một chiều được biến đổi thành điện áp xoay chiều ba pha sử dụng cho việc điều khiển động cơ, tần số của điện áp xoay chiều ba pha được điều chỉnh tùy thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời;

- bộ phận vi điều khiển bao gồm: khối điều khiển thụ động (slave) sử dụng các vi điều khiển dsp TMS320F28069 để thực hiện cấu trúc điều khiển và khối điều khiển chính (master) sử dụng vi điều khiển dsPIC33FJ64GP802 giao tiếp với các ngoại vi màn hình và nút nhấn được sử dụng để làm giao diện vận hành và giám sát cho hệ thống, điện áp và dòng được đưa từ tấm pin năng lượng mặt trời đến khối MPPT để tính toán ra tần số f từ đó được đưa tới khối tuyến tính hóa để đưa ra được tần số f^* đã được tuyến tính hóa để đưa tới khối điều khiển vô hướng từ đó tính toán được điện áp và tần số để đưa tới khối điều chế vector không gian tính toán ra điện áp ba pha để đưa tới khối điều chỉnh độ rộng xung từ đó đưa tín hiệu đến mạch điều khiển để điều khiển các transistor chuyển thành điện áp đầu vào của bơm để bơm có thể hoạt động, bơm được sử dụng ở đây là bơm ba pha không đồng bộ, trong đó:

+ bộ phận vi điều khiển bơm sử dụng thuật toán MPPT (dò điểm công suất lớn nhất – maximum power point tracking) kết hợp với thuật toán điều khiển dự báo (predictive control) để tìm điểm công suất lớn nhất theo cường độ bức xạ mặt trời, từ đó điều chỉnh tần số đầu ra của bộ điều khiển bơm phù hợp với công suất lớn nhất, thuật toán MPPT nằm trong bộ phận vi điều khiển, bộ vi điều khiển có chức năng đo dòng điện và điện áp đầu vào từ tấm pin năng lượng mặt

trời, tìm điểm công suất lớn nhất và điều khiển chế độ bơm, thuật toán MPPT kết hợp với thuật toán điều khiển dự báo được thực hiện theo các bước sau:

+ bước 1: đo điện áp, dòng, tần số;

+ bước 2: tính toán giá trị biến đổi ΔP , ΔV , ΔI thì sẽ xảy ra các trường hợp sau:

* trường hợp 1: $\Delta P=0$ thì tần số F_{ref} không đổi

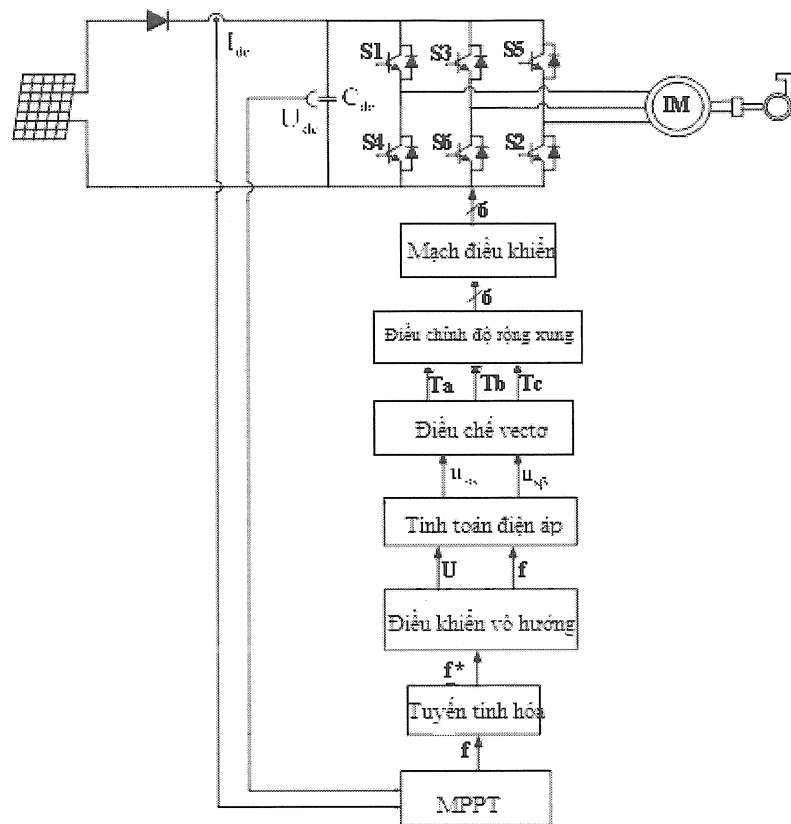
* trường hợp 2: $\Delta P \neq 0$ thì sẽ xảy ra các trường hợp sau:

trường hợp 2.1: $\Delta P < 0$ thì $\Delta V > 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$ hoặc $\Delta V < 0$ thì $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$ hoặc $\Delta I < 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$

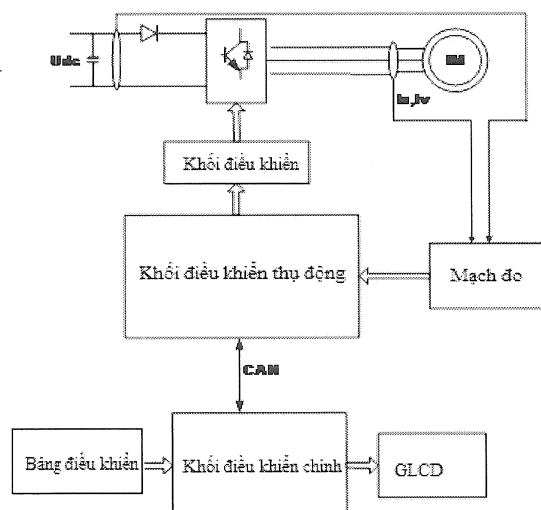
trường hợp 2.2: $\Delta P > 0$ thì $\Delta V > 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$, nếu $\Delta I < 0$ thì $F_{ref} = F - \Delta f$ hoặc $\Delta V < 0$ và $\Delta I > 0$ thì $F_{ref} = F + \Delta f$;

ngoài ra, bộ vi điều khiển còn có các tính năng bảo vệ quá dòng, ngắn mạch, chống chạy không tải đối với bơm.

Hình 1



Hình 2



Hình 3

