

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG NGUỒN DỰ PHÒNG DÙNG ẮC QUY, ĐIỆN ÁP RA DẠNG SIN 220VAC CÔNG SUẤT ĐẾN 2KW

RESEARCH SOLUTIONS TO DESIGN BACKUP POWER SYSTEM

USE BATTERY, SINUSOIDAL OUTPUT VOLTAGE 220VAC POWER UP TO 2KW

Trương Đình Cường¹, Trần Hoài Long¹, Nguyễn Văn Phong¹,
Nguyễn Hoàng Sơn^{1,*}, Nguyễn Xuân Thành¹, Nguyễn Đức Quang²

TÓM TẮT

AVR là họ vi điều khiển CMOS 8 bit công suất thấp dựa trên kiến trúc RISC của hãng Atmel với đặc điểm nổi bật là thực hiện các lệnh chỉ trong một chu kỳ xung clock. ATmega128 trong họ AVR là điển hình, có đầy đủ tính năng, có 6 kênh PWM độc lập phù hợp cho phát xung điều khiển 6 van IGBT trong bộ nghịch lưu DC-AC 3 pha. Bộ nghịch lưu ba pha thường sử dụng trong các hệ thống nguồn dự phòng, năng lượng tái tạo, trong các bộ biến tần cho động cơ 3 pha, máy điều hòa, quạt gió.... Bài báo này tập trung nghiên cứu ứng dụng Atmega128 thiết kế, chế tạo bộ điều khiển nghịch lưu 3 pha kết hợp điều chế độ rộng xung PWM để điều chỉnh điện áp, tần số và cải thiện chất lượng điện áp 3 pha đầu ra của bộ nghịch lưu.

Từ khóa: Vi điều khiển AVR, nghịch lưu ba pha, biến tần, điều chế PWM.

ABSTRACT

AVR is a low-power 8-bit CMOS microcontroller family based on Atmel's RISC architecture, highlights are the execution of commands in just one clock cycle. The ATmega128 in the AVR family is typically full featured, featuring six independent PWM channels suitable for pulsating control of six IGBT valves in a three-phase DC-AC inverter. Three-phase inverters are used in backup power systems, renewable energy, in frequency converters for three-phase motors, air conditioners, blowers.... This paper focuses on research applications Atmega128 designs and manufactures a 3-phase inverter with PWM pulse width modulation for adjusting voltage and frequency and improving the quality of the three-phase output voltage of the inverter.

Keywords: AVR microcontroller, three-phase inverter, inverter, PWM modulation.

¹Lớp TĐH3 - K11, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: sonnguyenhau11@gmail.com

U_B	V	Điện áp tức thời pha B
U_C	V	Điện áp tức thời pha C
E	V	Sức điện động một chiều
Z_a	Ω	Tổng trở tải pha A
Z_b	Ω	Tổng trở tải pha B
Z_c	Ω	Tổng trở tải pha C
ω	Rad/s	Tần số góc
C	F	Điện dung của tụ lọc
P_{dm}	w	Công suất định mức động cơ
n_{dm}	v/p	Tốc độ định mức động cơ
I_{dm}	A	Dòng điện định mức
f_{dm}	Hz	Tần số định mức của nguồn cấp động cơ
k_M	const	Hệ số xác định momen mở máy
M_C	Nm	Mô men cần đặt lên trục động cơ
n	v/p	Tốc độ động cơ

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Vi điều khiển và AVR Atmega128

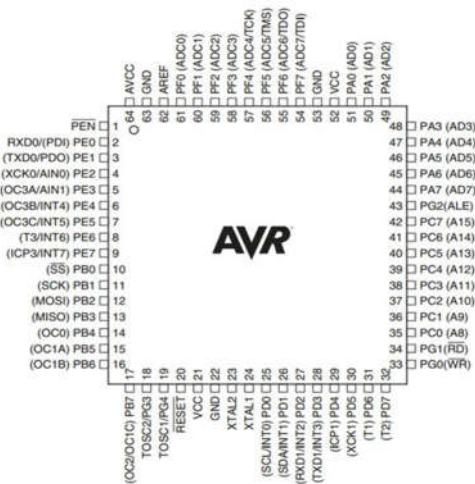
Vi điều khiển AVR do hãng Atmel (USA) sản xuất, AVR có nhiều dòng khác nhau như: Tiny AVR (AT tiny 13, ATtiny 22...) có kích thước bộ nhớ nhỏ, ít bộ phận ngoại vi; dòng AVR (chẳng hạn AT90S8535, AT90S8515,...) có kích thước bộ nhớ trung bình và mạnh hơn là dòng Mega (như ATmega32, ATmega128,...) với bộ nhớ có kích thước vài Kbyte đến vài trăm Kb cùng với các bộ ngoại vi đa dạng được tích hợp trên chip. Tốc độ của dòng Mega cao hơn so với các dòng khác, sự khác nhau cơ bản giữa các dòng chính là cấu trúc ngoại vi, còn nhân thì vẫn như nhau. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng Atmega128 với các tính năng phù hợp cho việc thiết kế, chế tạo bộ nghịch lưu 3 pha. Các thông số cơ bản của Atmega128 như bảng 1.

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
U_p	V	Điện áp hiệu dụng pha
U_d	V	Điện áp hiệu dụng dây
u_A	V	Điện áp tức thời pha A

Bảng 1. Các thông số của vi điều khiển Atmega128

Đặc điểm	Thông số
Dung lượng bộ nhớ Rom	128Kbytes
Bộ nhớ Sram	4Kbytes
Bộ nhớ Eeprom	4Kbytes
Số lượng thanh ghi I/O	64
Số thanh ghi vào ra mở rộng	160
Số thanh ghi đa mục đích	32
Bộ định thời 8 bit (0,2)	2
Bộ định thời 16 bit (1,3)	2
Bộ dao động nội RC	1MHz, 2MHz, 4MHz, 8MHz
Kênh ADC với độ phân giải 10 bit	8
Số kênh PWM 8 bit	2
Số kênh PWM 16 bit	6
Khối USART lập trình được	2
Đóng gói chân kiểu TQFP	64
Tần số tối đa	16MHz
Điện áp nguồn nuôi	4,5 - 5,5VDC



Hình 1. Vi điều khiển Atmega128 và chức năng của các chân I/O

Atmega128 có đầy đủ các tính năng của vi điều khiển họ AVR, trong nghiên cứu ứng dụng này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu về các bộ định thời và khả năng phát xung phục vụ thiết kế điều khiển bộ nghịch lưu. Atmega128 có 4 bộ định thời, bộ định thời 1 và 3 là bộ định thời 16 bit, bộ định thời 0 và 2 là bộ định thời 8 bit. Dưới đây là mô tả chi tiết của 4 bộ định thời.

* **Bộ định thời 1:** Bộ định thời 1 và 3 là bộ định thời 16 bit, bộ định thời 1 sử dụng 13 thanh ghi liên quan, còn bộ định thời 3 sử dụng 11 thanh ghi liên quan với nhiều chế độ thực thi khác nhau. Vì bộ định thời 1 và 3 hoạt động giống nhau nên ở đây chỉ trình bày bộ định thời 1.

- Thanh Ghi Timer/Counter1 - TCNT1H and TCNT1L: Thanh ghi bộ định thời TCNT1 là thanh ghi 16 bit được kết hợp từ hai thanh ghi TCNT1H và thanh ghi TCNT1L. Thanh ghi TCNT1 có thể đọc hay ghi. Để cả 2 byte của TCNT 1 được đọc hay ghi đồng thời người ta dùng một thanh ghi tạm 8 bit byte cao 8-bit Temporary High Byte Register (TEMP). Thanh ghi TEMP được chia sẻ cho tất cả các thanh ghi 16 bit khác.

- Thanh ghi Output Compare Register 1 A- OCR1AH and OCR1AL

- Thanh ghi Output Compare Register 1 B- OCR1BH and OCR1BL

- Thanh ghi Output Compare Register 1 C- OCR1CH and OCR1CL

* **Bộ định thời 3:** Bộ định thời 3 giống bộ định thời 1 nên ở đây chỉ trình bày các thanh ghi liên quan tới bộ định thời 3, chức năng của từng thanh ghi giống các thanh ghi tương ứng ở bộ định thời 1.

- Thanh ghi TCCR3A (Timer/Counter3 Control Register A)

- Thanh ghi TCCR3B (Timer/Counter3 Control Register B)

- Thanh ghi TCCR3C (Timer/Counter3 Control Register C)

- Thanh Ghi Timer/Counter1 – TCNT3H and TCNT3L

- Thanh Ghi Output Compare Register 3 A- OCR3AH and OCR3AL

- Thanh Ghi Output Compare Register 3 B- OCR3BH and OCR3BL

- Thanh Ghi Output Compare Register 3C- OCR3CH and OCR3CL

* **Bộ định thời 0:** Bộ định thời 0 là bộ định thời 8 bit, bộ định thời 0 liên quan tới 7 thanh ghi với nhiều chế độ thực thi khác nhau. Các định nghĩa sau sẽ được sử dụng cho bộ định thời 0 và 2:

BOTTOM Bộ đếm đạt tới giá trị BOTTOM khi nó có giá trị 00h.

MAX Bộ đếm đạt tới giá trị MAX khi nó bằng FFh.

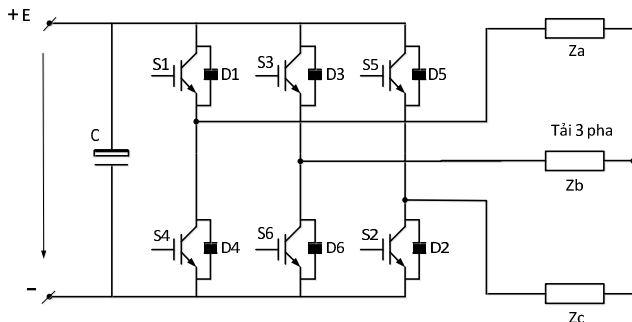
TOP Bộ đếm đạt giá trị TOP khi nó bằng với giá trị cao nhất trong chuỗi đếm.

Bộ định thời 0 có đặc điểm chính: Bộ đếm đơn kênh, xóa bộ định thời khi có sự kiện so sánh khớp (compare match) và tự nạp lại, có thể đếm từ bộ dao động 32kHz bên ngoài, chế độ PWM hiệu chỉnh pha,...

* **Bộ định thời 2:** Bộ định thời 2 là bộ định thời 8 bit, bộ định thời 2 liên quan tới 5 thanh ghi với nhiều chế độ thực thi khác nhau. Các thuộc tính chính của bộ định gồm: Bộ đếm đơn kênh, xóa bộ định thời khi có sự kiện so sánh khớp và tự động nạp lại, PWM hiệu chỉnh pha, đếm sự kiện bên ngoài...

1.2. Nghịch lưu 3 pha

Nghịch lưu áp là bộ biến đổi nguồn áp một chiều thành nguồn áp xoay chiều với tần số tùy ý. Nguồn áp là nguồn được sử dụng phổ biến trong thực tế. Điện áp ra của nghịch lưu áp có thể điều chế theo phương pháp khác nhau để có thể giảm được sóng điều hòa bậc cao. Ngày nay công suất của các van động lực IGBT, GTO, MOSFET lớn và có kích thước gọn nhẹ, do đó nghịch lưu áp trở thành bộ biến đổi thông dụng và được chuẩn hóa trong các bộ biến tần công nghiệp. Sơ đồ nghịch lưu sử dụng van điều khiển hoàn toàn IGBT như trong hình 2.



Hình 2. Mạch công suất dùng van IGBT của nghịch lưu 3 pha

Để đảm bảo tạo ra điện áp ba pha đối xứng luật dẫn điện của các van phải đảm bảo: T1, T4 dẫn điện lệch nhau 180° và tạo ra pha A. T3, T6 dẫn điện lệch nhau 180° để tạo ra pha B. T5, T2 dẫn điện lệch nhau 180° để tạo ra pha C, và các pha lệch nhau 120° .

* Điều khiển nghịch lưu 3 pha cơ bản

Giả thiết: Các van dẫn là lí tưởng, dẫn điện theo hai chiều.

+ S1...S6 làm việc với độ dẫn điện $\lambda = 180^\circ$

+ Các tổng trở $Z_a = Z_b = Z_c$

+ Các diode D1 - D6 làm chức năng trả năng lượng về nguồn

+ Tụ C tạo nguồn áp, tiếp nhận năng lượng kháng từ tải.

* Để đảm bảo tạo ra điện áp ba pha đối xứng, luật dẫn điện của các van phải đảm bảo:

+ T1 và T4 phải dẫn lệch nhau 180° để tạo ra pha A,

+ T3 và T6 phải dẫn lệch nhau 180° để tạo ra pha B,

+ T5 và T2 phải dẫn lệch nhau 180° để tạo ra pha C,

+ Các pha lệch nhau 120°

Điện áp hiệu dụng pha:

$$U_p = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_p^2(t) dt} = \frac{\sqrt{2}}{3} E \quad (1)$$

Điện áp tức thời:

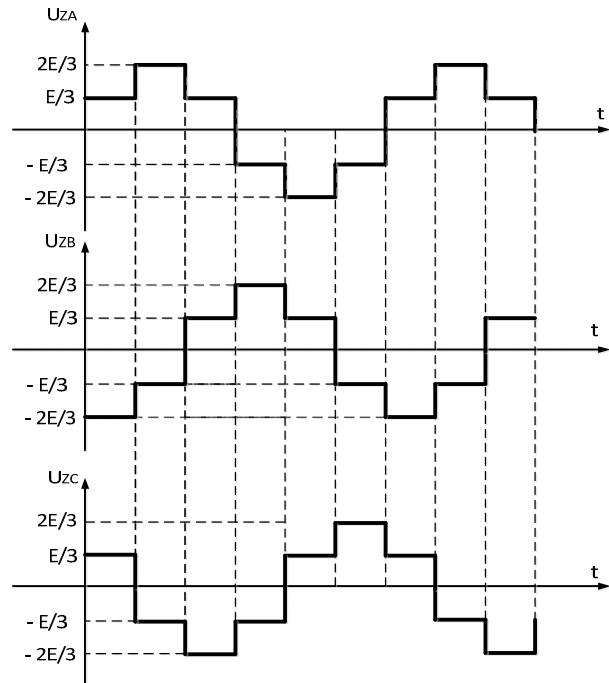
$$u_A(t) = \frac{2}{3} E \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

$$u_B(t) = \frac{2}{3} E \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (3)$$

$$u_C(t) = \frac{2}{3} E \cdot \sin(\omega t - 240^\circ) \quad (4)$$

Điện dung tụ C được tính theo công thức:

$$C = \frac{E \cdot T_t}{3R_t \Delta U_c} (1 - 2 \ln 2) \quad (5)$$



Hình 3. Đồ thị điện áp 3 pha khi điều khiển cơ bản không có PWM

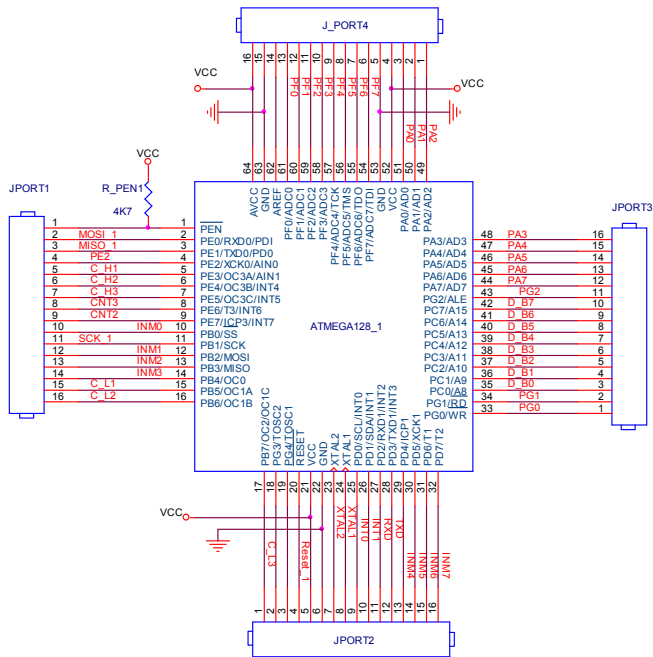
Phương pháp điều chế độ rộng xung được sử dụng phổ biến trong công nghiệp. Trong những năm gần đây sự phát triển công nghệ bán dẫn đã tạo ra nhiều thiết bị điện tử công suất với hiệu suất rất cao. Do đó có nhiều cấu hình nghịch lưu đa bậc khác nhau được nghiên cứu. Điện áp, tần số từ bộ nghịch lưu ba pha cung cấp cho tải dựa trên giải thuật điều chế độ rộng xung (PWM). Giải thuật PWM được sử dụng rất phổ biến đó là điều chế độ rộng bám theo hàm số sin tạo ra tín hiệu điều khiển sáu van IGBT. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng Atmega128 để phát triển PWM bám theo dữ liệu hàm Sin để giảm độ gợn sóng điều khiển giúp cho ngõ ra giảm thiểu sóng hài, kết quả thu được điện áp ra dạng modified Sin, biên độ điện áp đa bậc phân chia thành từng khoảng giá trị bám theo hàm số Sin.

2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN NGHỊCH LƯU 3 PHA DÙNG ATMEGA128

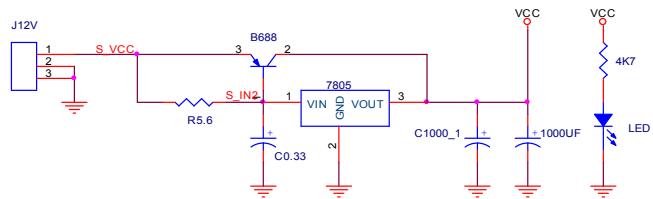
2.1. Thiết kế mạch nguyên lý

Tiến hành thiết kế đầy đủ mạch nguyên lý trên phần mềm Orcad với các khối chức năng sau:

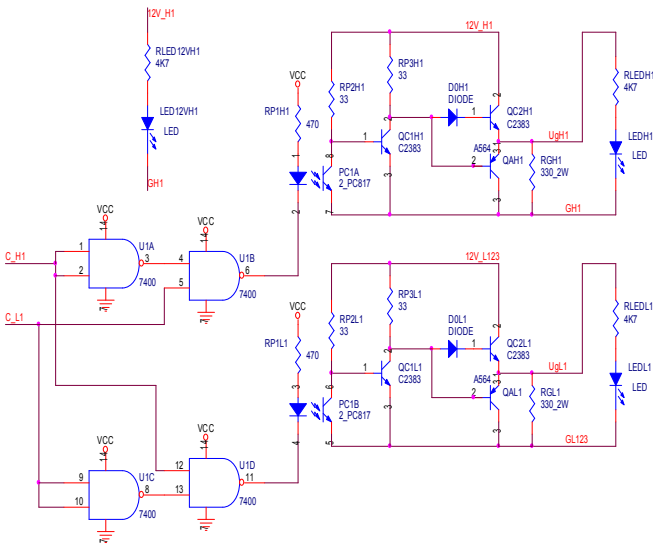
- Khối vi điều khiển Atmega128 trung tâm (hình 4).



Hình 4. Khối vi điều khiển trung tâm với Atmega128 - Khối nguồn ổn áp (hình 5).



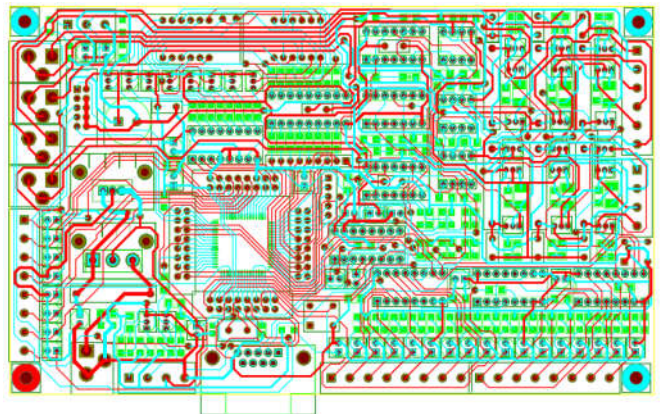
Hình 5. Khối nguồn ổn áp 5V cho Atmega128 - Khối logic, cách ly và khuếch đại (hình 6).



Hình 6. Khối logic, cách ly, khuếch đại và tạo xung

2.2. Thiết kế mạch in layout, chế tạo board mạch điều khiển

Trên cơ sở sơ đồ nguyên lý, nhóm tác giả đã thiết kế hoàn thiện phần mạch in Layout bằng phần mềm Orcad, kết quả thiết kế như hình 7.



Hình 7. Mạch in của board điều khiển với Atmega128

3. LẬP TRÌNH BỘ ĐIỀU KHIỂN VỚI GIẢI PHÁP ĐIỀU CHẾ PWM

Chương trình viết cho Atmega128 điều khiển nghịch lưu sử dụng trình biên dịch CodeVisionAVR. Dưới đây là trích đoạn chương trình đã được nhóm tác giả thực hiện và kiểm nghiệm:

```
// INVERTER DC-AC THREE PHASES
#include <mega128.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#define V1 PORTE.3
#define V3 PORTE.4
#define V5 PORTE.5
#define V4 PORTB.5
#define V6 PORTB.6
#define V2 PORTB.7
#define ADC_VREF_TYPE 0x60
// Declare your global variables here
unsigned char LS[16][2], rxbf, i, led=0, num[8]={0,1,2,3,4,5,6,7};
unsigned char s=0, est=0, fr=0, spm, T1=0, T2=0, T=10, Tn1=0, Tn2=0, Tn=0, ADC0, ADC1, Ton=0, Toff=0, H;
void Open(char b1, char b2, char b3, char b4, char b5, char b6);
// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIMO_OVF] void timer0_ovf_isr(void) //
Chương trình ngắt Timer0
{ unsigned char y,x,level;
TCCR0=0x00; T1=Tn; Tn++;
if(Tn1>T) { Tn1=0; Tn++; if(Tn>5) Tn=0; // Tn=0-5;
T2=Tn; if(spm<30||fr==0||ss==0)
{TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
V1=1; V3=1; V5=1; V4=1; V6=1; V2=1; }
else if(fr==1) // Forward
{if(T1==5 && T2==0) // V1,2,3
```

```

{ TCCR3A=0x00; TCCR3B=0x00; V5=1; delay_us(5);
TCCR1A=0x0D; // OC1C V2;
TCCR1B=0x0A; // Timer1 1000 kHz
OCR1CL=spm; // OC1C PWM Pulse width
V4=1; V6=1; delay_us(5); V1=0; V3=0; }
if(T1==0 && T2==1) // V2,3,4
{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; V6=1; delay_us(5);
TCCR3A=0x31; TCCR3B=0x0A; OCR3BL=spm; // OC3B PWM
Pulse width
V1=1; V5=1; delay_us(5); V4=0; V2=0; }
if(T1==1 && T2==2) // V3,4,5
{ TCCR3A=0x00; TCCR3B=0x00; V1=1; delay_us(5);
TCCR1A=0xC1; TCCR1B=0x0A; OCR1AL=spm; // OC1A
PWM Pulse width
V2=1; V6=1; delay_us(5); V3=0; V5=0; }
if(T1==2 && T2==3) // V4,5,6
{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; V2=1; delay_us(5);
TCCR3A=0x0D; // OC3C V5;
TCCR3B=0x0A; // Timer1 1000 kHz
OCR3CL=spm; // OC3C PWM Pulse width V5
V1=1; V3=1; delay_us(5); V4=0; V6=0; }
if(T1==3 && T2==4) // V5,6,1 { TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00; V3=1; delay_us(5);
TCCR1A=0x31; TCCR1B=0x0A; OCR1BL=spm; // OC1B
PWM Pulse width V6
V2=1; V4=1; delay_us(5); V1=0; V5=0; }
if(T1==4 && T2==5) // V6,1,2
{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; V4=1; delay_us(5);
TCCR3A=0xC1;
TCCR3B=0x0A; OCR3AL=spm; // OC3A PWM Pulse
width
V3=1; V5=1; delay_us(5); V6=0; V2=0; }
else if(fr==2) // Reverd
{ TCCR3A=0x00; TCCR3B=0x00; V3=1; delay_us(5); TCCR1A
=0x31; TCCR1B=0x0A; OCR1BL=spm; // OC1B PWM Pulse
width V6
V2=1; V4=1; delay_us(5); V1=0; V5=0; }
if(T1==2 && T2==3) // V4,5,6
{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; V2=1; delay_us(5);
TCCR3A=0x0D; // OC3C V5;
TCCR3B=0x0A; // Timer1 1000 kHz
OCR3CL=spm; // OC3C PWM Pulse width V5
V1=1; V3=1; delay_us(5); V4=0; V6=0; }
if(T1==3 && T2==4) // V3,4,5
{ TCCR3A=0x00; TCCR3B=0x00; V1=1; delay_us(5);
TCCR1A=0xC1; TCCR1B=0x0A; OCR1AL=spm; // OC1A
PWM Pulse width
V2=1; V6=1; delay_us(5); V3=0; V5=0; }
if(T1==4 && T2==5) // V2,3,4

```

```

{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; V6=1; delay_us(5);
TCCR3A=0x31; TCCR3B=0x0A; OCR3BL=spm; // OC3B PWM
Pulse width
V1=1; V5=1; delay_us(5); V4=0; V2=0; } }
void main(void) // CHƯƠNG TRÌNH CHÍNH
{
// Port B,E initialization
PORTB=0xFF;
DDRB=0b11100000;
PORTE=0xFF;
DDRE=0b11111111;
while (1)
{
ADC0=read_adc(0);
T=(255-ADC0)/5;
if(T<15) T=15;
if(T>50) T=50;
spm=ADC0;
if(spm>200) spm=200;
ss=BT3; // Start/Stop
if(ss==0)
{ if(BT1==0 && BT2==1 && ADC0 < 10) fr=1;
else if(BT1==1 && BT2==0 && ADC0 < 10) fr=2;
else fr=0; }
if (BT1==1 && BT2==1) fr=0; }
}

```

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày nghiên cứu về Atmega128 và ứng dụng vào thiết kế, chế tạo thành công bộ nghịch lưu 3 pha. Nhóm tác giả đã tập trung nghiên cứu các tính năng của Atmega128, các yêu cầu điều khiển với nghịch lưu 3 pha và ứng dụng Atmega128 vào thiết kế, chế tạo, lập trình hoàn chỉnh bộ nghịch lưu 3 pha. Thông qua kết quả đạt được, tác giả đã khẳng định khả năng làm chủ thiết kế, bao gồm toàn bộ phần cứng và phần mềm để có thể triển khai sản xuất bộ nghịch lưu 3 pha phục vụ mục đích học tập, nghiên cứu và ứng dụng công nghiệp. Kết quả này rất thuận tiện cho nghiên cứu tiếp theo là phát triển các giải pháp điều khiển nhằm nâng cao chất lượng điện áp sau nghịch lưu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Văn Doanh, 1997. *Điện tử công suất và điều khiển động cơ điện*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4472:1993*.
- [3]. Trần Trọng Minh, 2007. *Giáo trình Điện tử công suất*. NXB Giáo dục.
- [4]. Trần Văn Thịnh, 2008. *Thiết kế thiết bị điện tử công suất*. NXB Giáo dục.
- [5]. Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, 2007. *Điện tử công suất*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.