

Nghiên cứu mô phỏng mạch điều khiển quạt làm mát động cơ ô tô sử dụng ECU

Simulation study of cooling fan control circuit for engines using ECU

Nguyễn Thành Bắc

Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: bacnt@hau.edu.vn / ntbac.hau.hust@gmail.com

Mobile: 0902219922

Tóm tắt

Từ khóa:

Điều khiển quạt làm mát động cơ; Hệ thống làm mát động cơ; Mô phỏng điều khiển quạt làm mát động cơ; Quạt làm mát động cơ.

Trên các ô tô đời mới hiện nay thường sử dụng động cơ điện một chiều để dẫn động quạt làm mát động cơ. Đồng thời để điều khiển quạt làm mát trên các ô tô này dùng bộ điều khiển ECU. Làm tiền đề cho việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo ECU điều khiển quạt làm mát động cơ trên ô tô. Tác giả thực hiện nghiên cứu mô phỏng mạch điều khiển quạt làm mát dùng ECU bằng phần mềm Proteus và CodevisionAVR. Trong đó phần mềm Proteus được dùng để mô phỏng mạch điều khiển và phần mềm CodevisionAVR được dùng để viết chương trình điều khiển. Trong nghiên cứu này vi điều khiển sử dụng cho ECU là Atmega16. Kết quả nghiên cứu cho thấy mạch và chương trình điều khiển điều khiển được quạt làm mát theo nhiệt độ làm việc của động cơ, đồng thời chương trình điều khiển có thể cài đặt ngưỡng điều khiển quạt làm mát theo yêu cầu nhiệt độ làm việc ổn định của các loại động cơ ô tô khác nhau.

Abstract

Keywords:

Engine cooling fan; Engine cooling fan control; Engine cooling system; Simulation of engine cooling fan control.

Nowadays, new cars use DC motors to drive cooling fans. At the same time, these cars use ECU controllers for the cooling fans. As a prerequisite for research on designing and manufacturing engine cooling fans' ECUs, the author conducted simulation research on the circuit of cooling fans' ECU using Proteus and CodevisionAVR software. The Proteus software was used to simulate the control circuits and the CodevisionAVR software was used to write control programs. In this study, the microcontroller used for ECU was Atmega16. The results showed that the control circuit and controlling program were able to control the cooling fan conform to the operating temperature of the engine, and the control program was able to set the fan's control threshold according to the required stable working temperatures of different types of automobile engines.

Ngày nhận bài: 10/8/2018

Ngày nhận bài sửa: 05/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên các ô tô đời mới đều sử dụng quạt làm mát cho động cơ dẫn động bằng động cơ điện một chiều. Để điều khiển động cơ điện dẫn động quạt làm mát trên các ô tô này thường dùng

Trong điều khiển tự động nói chung có thể sử dụng nhiều loại vi điều khiển khác nhau như: Atmega8, Atmega16, Atmega32, Atmega64, Atmega128, Atmega1280, MSP430C1101, MSP430C1111, Pic16f1516, Pic16f1517... Mỗi loại vi điều khiển có ưu nhược điểm riêng, tùy theo ứng dụng điều khiển mà lựa chọn cho phù hợp. Trong nghiên cứu này vi điều khiển được chọn là Atmega16, đây là dòng vi điều khiển 8 bit, các thông số chính của vi điều khiển Atmega16 được thể hiện trong Bảng 1 [1]. Đây là loại vi điều khiển có tần số làm việc tối đa 16 MHz, có tích hợp các công ADC dùng để đọc tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ LM35 gửi về, đồng thời vi điều khiển này có sẵn tại thị trường Việt Nam, giá thành phù hợp cho bước tiếp theo là nghiên cứu thiết kế và chế tạo bộ điều khiển quạt làm mát động cơ ô tô dùng ECU với chi phí nhỏ mà vẫn đảm bảo tính chính xác trong quá trình điều khiển.

Bảng 1. Các thông số chính của vi điều khiển Atmega16

Thông số	Giá trị
Điện áp làm việc	4,5 ÷ 5,5 V
Tần số làm việc	0 ÷ 16 MHz
Số chân loại PDIP	40
Số chân I/O	32
Số kênh ADC 10 bit	8
Số kênh PWM	4
Số kênh timer 8 bit	2
Số kênh timer 16 bit	1
Bộ nhớ chương trình flash	16 K bytes
Bộ nhớ EEPROM	512 bytes
Bộ nhớ SRAM	1 K byte

Để đo nhiệt độ dung dịch nói chung có thể sử dụng nhiều loại cảm biến nhiệt độ khác nhau như: LM35, PT100, SHT10, SHT11, SHT15, SHT21, SHT25, SHT71, SHT75, TCB, TCE, TCJ, TCK, TCN, TCR, TCS, TCT ... Tùy theo yêu cầu độ chính xác, dải đo và chi phí ... mà lựa chọn cho phù hợp. Trong nghiên cứu này lựa chọn cảm biến nhiệt độ LM35 vì độ chính xác, dải đo của cảm biến này phù hợp, đồng thời cảm biến này có sẵn tại thị trường Việt Nam với giá thành thấp. Một số thông số chính của cảm biến LM35 được giới thiệu trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số chính của cảm biến nhiệt độ LM35 [4]

Thông số	Giá trị
Dải đo	-55 ÷ 150 °C
Độ chính xác	0,5 °C
Dòng tiêu thụ	< 60 μA
Điện áp nguồn	4 ÷ 30 V

Để điều khiển cấp dòng cho động cơ điện một chiều có thể dùng nhiều loại Transistor công suất khác nhau như: 2N6547, 2N6545, 2N6609, 2N1711, 2N1893, 2N2219, 2SA1085, 2SA715 ... Tùy theo yêu cầu về công suất và chi phí... mà lựa chọn cho phù hợp. Trong nghiên cứu này lựa chọn Transistor T1 là loại 2N6547 [10] có công suất, điện áp và chi phí phù hợp đồng thời có sẵn tại thị trường Việt Nam. Transistor T1 được dùng để điều khiển cấp dòng cho động cơ điện dẫn động quạt làm mát. Các thông số cơ bản của transistor 2N6547 được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Các thông số chính của Transistor 2N6547

Thông số	Giá trị
Công suất lớn nhất	175 W
Dòng điện lớn nhất cực C	30 A
Dòng điện lớn nhất cực B	20 A
Dải nhiệt độ làm việc	-65 ÷ 200 °C

3. THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN

3.1. Thuật toán điều khiển

Thuật toán điều khiển có thể được biểu diễn bằng các phương pháp sau:

- Ngôn ngữ tự nhiên: trong cách biểu diễn thuật toán theo ngôn ngữ tự nhiên, người ta sử dụng ngôn ngữ thường ngày để liệt kê các bước của thuật toán. Phương pháp biểu diễn này không yêu cầu người viết thuật toán cũng như người đọc thuật toán phải nắm được các quy tắc. Tuy vậy, cách biểu diễn này thường dài dòng, không thể hiện rõ cấu trúc của thuật toán, đôi lúc gây hiểu lầm hoặc khó hiểu cho người đọc. Gần như không có một quy tắc cố định nào trong việc thể hiện thuật toán bằng ngôn ngữ tự nhiên.

- Mã giả (pseudo-code): khi thể hiện thuật toán bằng mã giả, người viết sẽ vay mượn các cú pháp của một ngôn ngữ lập trình nào đó để thể hiện thuật toán. Tất nhiên là trong mã giả vẫn thường dùng kết hợp một phần ngôn ngữ tự nhiên. Một khi đã vay mượn cú pháp và khái niệm của ngôn ngữ lập trình thì chắc chắn mã giả sẽ bị phụ thuộc vào ngôn ngữ lập trình đó.

- Lưu đồ hay sơ đồ khối (flowchart): lưu đồ hay sơ đồ khối là một công cụ trực quan để diễn đạt các thuật toán. Biểu diễn thuật toán bằng lưu đồ sẽ giúp người đọc theo dõi được sự phân cấp các trường hợp và quá trình xử lý của thuật toán. Phương pháp lưu đồ thường được dùng trong những thuật toán có tính rắc rối, khó theo dõi được quá trình xử lý. Phương pháp này cũng được dùng nhiều trong các nghiên cứu chuyên về điều khiển [2-3, 5].

Trên cơ sở phân tích đặc điểm chính của các phương pháp biểu diễn thuật toán điều khiển ở trên, trong nghiên cứu này lựa chọn phương pháp biểu diễn thuật toán điều khiển flowchart, đây là phương pháp được số đông các nhà nghiên cứu chuyên sâu về điều khiển thường sử dụng để công bố các nghiên cứu. Đồng thời phương pháp phù hợp với việc biểu diễn thuật toán điều khiển phức tạp trên ô tô nói chung và thuật toán điều khiển các hệ thống trên động cơ ô tô nói riêng.

Thuật toán điều khiển quạt làm mát động cơ ô tô dạng flowchart được thể hiện trên Hình 2, cụ thể được thực hiện theo trình tự sau:

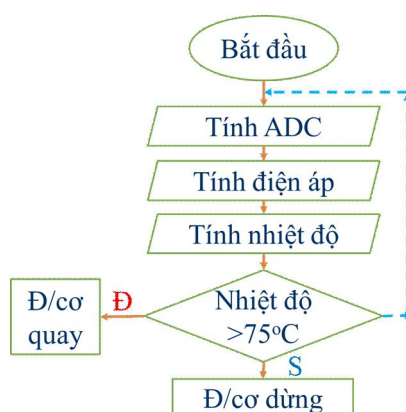
- Tính ADC (Analog Digital Converter) là hàm đọc giá trị ADC từ cảm biến nhiệt độ động cơ gửi về ECU;

- Tính điện áp là hàm chuyển đổi giá trị ADC thành giá trị điện áp;

- Tính nhiệt độ là hàm chuyển đổi giá trị điện áp thành giá trị nhiệt độ;

- So sánh giá trị nhiệt độ động cơ thực với nhiệt độ ổn định của động cơ (nhiệt độ ổn định của động cơ được lưu trong bộ nhớ của vi điều khiển), nếu nhiệt độ động cơ thực lớn hơn nhiệt độ ổn định của động cơ thì điều khiển động cơ quạt gió quay và ngược lại thì điều khiển động cơ quạt gió dừng;

- Quá trình tính toán được lặp lại liên tục nhằm điều khiển quạt làm mát chính xác theo nhiệt độ làm việc của động cơ.



Hình 2. Thuật toán điều khiển

3.2. Chương trình điều khiển

Chương trình điều khiển được thực hiện trên phần mềm CodeVisionAVR [6] được viết bằng ngôn ngữ lập trình C++ bao gồm một số hàm điều khiển chính sau:

+ Hàm đọc giá trị ADC từ cảm biến nhiệt độ LM35 gửi về ECU:

```
void DocADC0(void)
{ ADC0= (float)read_adc(0); }
```

+ Hàm chuyển đổi giá trị ADC thành tín hiệu điện áp:

```
void DocDienAp(void)
{ DienAp= (float)ADC0*5/1023; }
```

+ Hàm chuyển đổi giá trị điện áp thành tín hiệu nhiệt độ:

```
void DocNhietDo(void)
{ NhiетDo= (float)DienAp*100-0.1; }
```

+ Hàm điều khiển động cơ điện quạt làm mát quay:

```
void QuatQuay(void)
{ PORTD.0=1; }
```

+ Hàm điều khiển động cơ điện quạt làm mát dừng:

```
void QuatDung(void)
{ PORTD.0=1; }
```

+ Hàm điều khiển động cơ điện dẫn động quạt làm mát theo tín hiệu nhiệt độ làm việc của động cơ D4BB:

```
void DKQuatlammat(void)
{ if (NhiетDo>75) { QuatQuay(); } else { QuatDung(); } }
```

Chương trình điều khiển này được biên dịch và nạp vào ECU điều khiển quạt làm mát trên phần mềm Proteus.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Đã mô phỏng được mạch điều khiển quạt làm mát động cơ ô tô dùng ECU bằng phần mềm Proteus, xây dựng được thuật toán điều khiển và chương trình điều khiển bằng phần mềm Codevisionavr.

Sau khi nạp chương trình điều khiển vào vi điều khiển Atmega16 (ECU), kết quả chạy mô phỏng trên phần mềm Proteus cho thấy:

Vi điều khiển đã tính toán được tín hiệu nhiệt độ từ cảm biến gửi về. Cụ thể khi thay đổi nhiệt độ làm việc động cơ trong khoảng từ $74,5^{\circ}\text{C} \div 75,5^{\circ}\text{C}$ với bước nhảy $0,1^{\circ}\text{C}$, kết quả nhiệt độ động cơ ô tô, nhiệt độ ECU tính toán hiện thị trên màn hình LCD1, sai lệch giữa nhiệt độ động cơ ô tô và nhiệt độ ECU tính toán được thể hiện trong Bảng 4. Ở đây nghiên cứu chỉ đưa ra bảng số liệu so sánh giữa nhiệt độ động cơ ô tô thực và nhiệt độ mà ECU tính toán được trong khoảng nhiệt độ xoay quanh nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ D4BB kể trên nhằm đánh giá tính chính xác của chức năng tính toán tín hiệu nhiệt độ động cơ vì đây là tín hiệu đầu vào để điều khiển động cơ dẫn động quạt làm mát. Kết quả nhiệt độ động cơ và nhiệt độ ECU tính toán được ngoài vùng kể trên cũng cho kết quả tương tự, nhưng do khuôn khổ bài báo nên xin phép được trình bày ở các nghiên cứu sau. Qua Bảng 4 cho thấy sai lệch nhỏ nhất đạt $0,0^{\circ}\text{C}$ tại nhiệt độ động cơ ô tô bằng $74,6^{\circ}\text{C}$ và $75,1^{\circ}\text{C}$, sai lệch lớn nhất đạt $0,4^{\circ}\text{C}$ tại nhiệt độ động cơ ô tô bằng $74,7^{\circ}\text{C}$ và $75,2^{\circ}\text{C}$, sai lệch trung bình đạt $0,2^{\circ}\text{C}$.

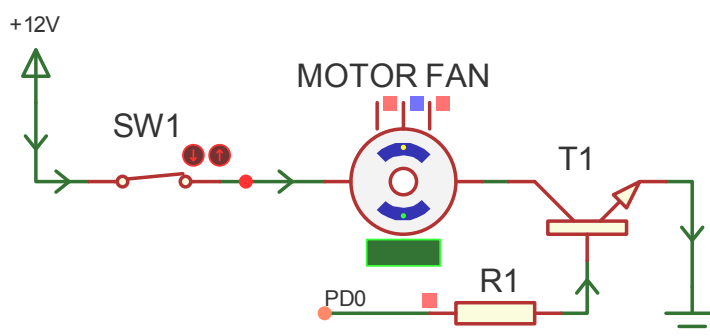
Bảng 4. Kết quả mô phỏng nhiệt độ động cơ ô tô và nhiệt độ ECU tính toán được

Nhiệt độ động cơ ô tô ($^{\circ}\text{C}$)	74,5	74,6	74,7	74,8	74,9	75,0	75,1	75,2	75,3	75,4	75,5
Nhiệt độ ECU tính toán ($^{\circ}\text{C}$)	74,6	74,6	75,1	75,1	75,1	75,1	75,1	75,6	75,6	75,6	75,6
Sai lệch ($^{\circ}\text{C}$)	0,1	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1

Hiện thị được giá trị nhiệt độ làm việc của động cơ ô tô mà ECU tính toán được trên màn hình LCD1 cùng với sai lệch đã được trình bày ở trên (Bảng 4).

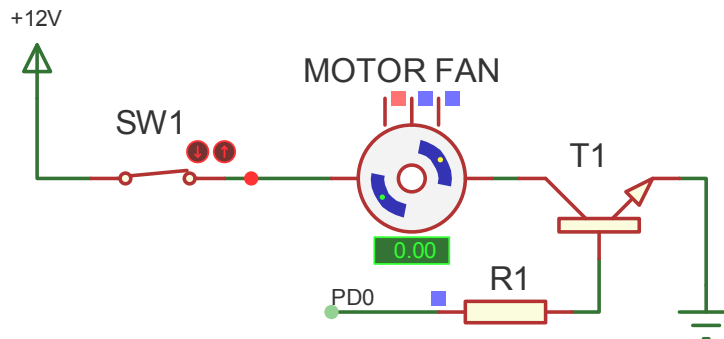
Điều khiển được quạt làm mát động cơ làm việc theo tín hiệu nhiệt độ làm việc của động cơ. Cụ thể đối với động cơ D4BB dùng trên ô tô có nhiệt độ làm việc ổn định là 75°C (nhiệt độ làm việc ổn định này có thể thay đổi cho phù hợp với các loại động cơ ô tô khác nhau), tín hiệu nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ này được đưa vào hàm điều kiện điều khiển động cơ dẫn động quạt làm mát trong chương trình điều khiển. Kết quả chạy mô hình mô phỏng cho thấy:

Khi nhiệt độ động cơ ô tô tăng đến $74,7^{\circ}\text{C}$, lúc này theo Bảng 4 nhiệt độ ECU tính toán được bằng $75,1^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ này lớn hơn nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ) thì ECU xuất tín hiệu vào chân PD0 để điều khiển mở Transiator T1 cho dòng điện từ nguồn +12V qua khóa điện vào động cơ dẫn động quạt làm mát về mát, nhờ đó điều khiển cho quạt làm mát quay (Hình 3). Nhiệt độ động cơ ô tô tăng lớn hơn $74,7^{\circ}\text{C}$, lúc này theo Bảng 4 nhiệt độ ECU tính toán được đều lớn hơn nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ thì ECU vẫn duy trì xuất tín hiệu điều khiển quạt làm mát quay.



Hình 3. Sơ đồ mạch công suất điều khiển khi quạt làm mát quay

Khi nhiệt độ động cơ ô tô giảm bằng $74,6^{\circ}\text{C}$ lúc này theo Bảng 4 nhiệt độ ECU tính toán được bằng $74,6^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ này nhỏ hơn nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ) thì ECU ngắt tín hiệu đặt vào chân PD0 điều khiển khóa Transistor T1 ngắt dòng điện từ nguồn vào động cơ dẫn động quạt làm mát, do đó quạt làm mát ngừng làm việc (Hình 4). Nhiệt độ động cơ ô tô giảm nhỏ hơn $74,6^{\circ}\text{C}$, lúc này theo Bảng 4 nhiệt độ ECU tính toán được đều nhỏ hơn nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ thì ECU vẫn duy trì ngắt tín hiệu điều khiển quạt làm mát ngừng làm việc.



Hình 4. Sơ đồ mạch công suất điều khiển khi quạt làm mát ngừng làm việc

Cụ thể, kết quả chạy mô phỏng mạch điều khiển quạt làm động cơ ô tô khi nhiệt độ động cơ thay đổi trong khoảng từ $74,5^{\circ}\text{C} \div 75,5^{\circ}\text{C}$ với bước nhảy $0,1^{\circ}\text{C}$ và trạng thái làm việc của quạt làm mát được thể hiện trong Bảng 5. Từ Bảng 5 cho thấy có bốn điểm nhiệt độ làm việc của động cơ lần lượt bằng $74,7^{\circ}\text{C}$; $74,8^{\circ}\text{C}$; $74,9^{\circ}\text{C}$ và $75,0^{\circ}\text{C}$ sai lệch so với nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ ô tô lần lượt là $0,3^{\circ}\text{C}$; $0,2^{\circ}\text{C}$; $0,1^{\circ}\text{C}$ và $0,0^{\circ}\text{C}$ thì quạt làm mát đều quay. Sai lệch nhiệt độ lớn nhất bằng $0,3^{\circ}\text{C}$ có thể chấp nhận được trong nghiên cứu mô phỏng và thực tế đối với hệ thống làm mát của động cơ ô tô. Tại các điểm nhiệt độ khác ngoài bốn điểm nhiệt độ trên thì trạng thái làm việc quạt làm mát đã đáp ứng đúng yêu cầu.

Bảng 5. Trạng thái làm việc của quạt làm mát theo nhiệt độ làm việc của động cơ ô tô
K- Quạt làm mát không quay; Q- Quạt làm mát quay

Nhiệt độ động cơ ô tô ($^{\circ}\text{C}$)	74,5	74,6	74,7	74,8	74,9	75,0	75,1	75,2	75,3	75,4	75,5
Trạng thái quạt làm mát	K	K	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q

5. KẾT LUẬN

ECU tính toán được nhiệt độ động cơ với sai lệch không quá $0,4^{\circ}\text{C}$. Sai lệch này có thể chấp nhận được trong nghiên cứu mô phỏng và nghiên cứu thực nghiệm về điều khiển hệ thống làm mát động cơ ôtô trong dùng trên ô tô.

Điều khiển được quạt làm mát động cơ làm việc theo tín hiệu nhiệt độ làm việc của động cơ với sai lệch nhiệt độ làm việc của động cơ ô tô với nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ không quá $0,3^{\circ}\text{C}$. Sai lệch này có thể chấp nhận được trong nghiên cứu mô phỏng và nghiên cứu thực nghiệm về điều khiển hệ thống làm mát động cơ ôtô trong dùng trên ô tô.

Chương trình điều khiển cho phép đặt ngưỡng nhiệt độ làm việc ổn định phù hợp với các loại động cơ khác nhau có công suất quạt làm mát nhỏ hơn hoặc bằng 175 W mà không phải thay đổi phần cứng của mạch điều khiển bằng cách thay giá trị nhiệt độ làm việc ổn định của động cơ trong hàm điều khiển động cơ điện dẫn động quạt làm mát theo tín hiệu nhiệt độ làm việc của động cơ như đã trình bày trong mục 3.2.

Mô hình mô phỏng là cơ sở cho việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo mạch điều khiển quạt làm mát dùng ECU thường được sử dụng trên các ô tô đời mới.

DANH MỤC DANH PHÁP/KÝ HIỆU

<i>ADC</i>	Chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số
<i>Atmega16</i>	Vi điều khiển
<i>CodevisionAVR</i>	Phần mềm viết chương trình điều khiển
<i>ECU</i>	Bộ điều khiển (Engine Control Unit)
<i>LCD</i>	Màn hình tinh thể lỏng (Liquid Crystal Display)
<i>LM 35</i>	Cảm biến nhiệt độ
<i>Motor</i>	Động cơ điện một chiều
<i>Proteus</i>	Phần mềm mô phỏng mạch
<i>T1</i>	Transistor

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Atmel (2002), *Atmega16*, Atmel.
- [2]. J. david Irwin Bogdan M. Wilamowski (2011), *Power electronics and motor drives*, CRC Press - Taylor and Francis Group, LLC.
- [3]. Roland S. Burns (2001), *Advanced Control Engineering*, Butterworth Heinemann.
- [4]. National Semiconductor Corporation (2000), *LM35*, National Semiconductor Corporation.
- [5]. Bert van Dam (2008), *Microcontroller Systems Engineering - 45 projects for PIC, AVR and ARM*, Elektor International Media BV.
- [6]. Hpinfotech (2018), *Software CodeVisionAVR*, truy cập ngày 26-04-2018, tại trang web http://www.hpinfotech.ro/cvavr_download.html.
- [7]. Labcenter (2018), *Proteus software*, truy cập ngày 26-04-2018, tại trang web <https://www.labcenter.com/>.
- [8]. Caroline Palm (2016), *Real Time Modeling of Engine Coolant Temperature In Engine with Double Cooling Circuits at Two Temperature Levels*, Chalmers University of Technology.
- [9]. Robert Prabel Saif S. Butt, Harald Aschemann (2015), "Robust Nonlinear Control of an Innovative Engine Cooling System", *IFAC-PapersOnLine*.
- [10]. ST (2001), *2N6547 High power NPN silicon transistor*, ST.