

Studiul unui variator static de tensiune alternativa echipat cu un triac, care este, comandat cu un circuit integrat PA 436

1. Funcționarea variatorului de t.a. având sarcini inductive

În figura 1 este prezentat circuitul de forță al unui variator de t.a. monofazat, echipat cu un triac, care alimentează o sarcină inductivă.

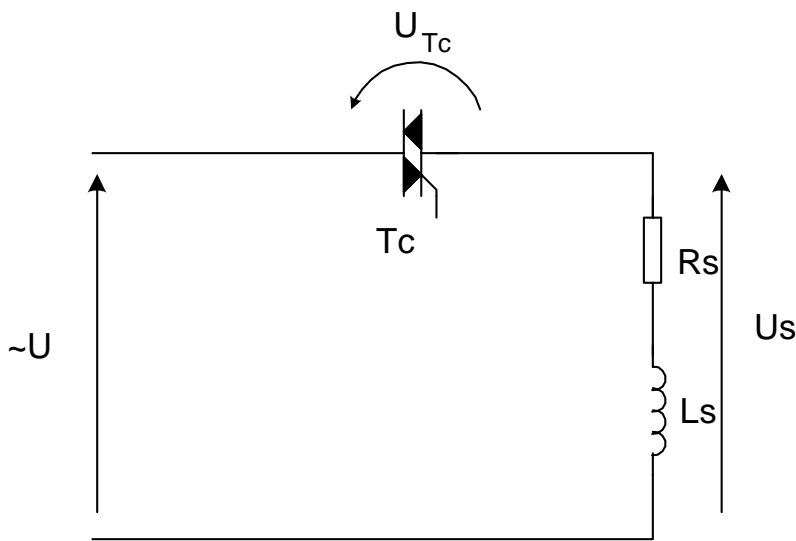


Fig. 1

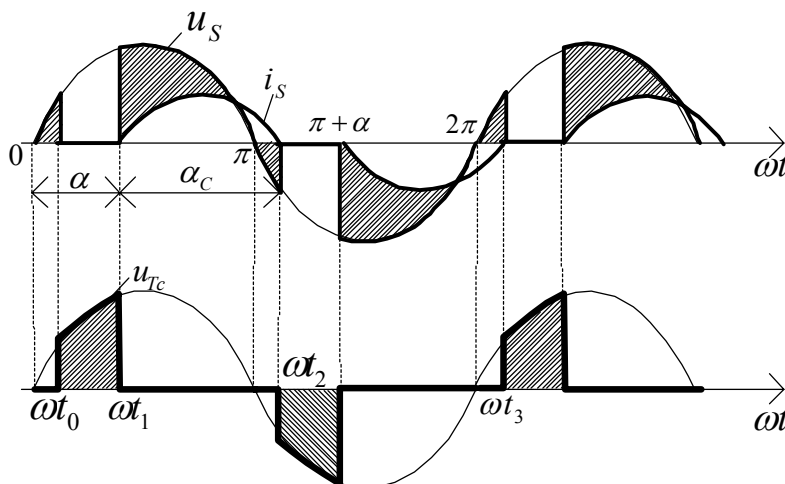


Fig.2

Spre deosebire de contactoare, variatoarele de t.a. nu realizează numai o conectare sau deconectare a sarcinii la rețeaua de alimentare, ci permite și modificarea valorii efective a tensiunii la bornele sarcinii utilizând un control de fază.

În figura 2 sunt reprezentate formele de undă ale tensiunii la bornele sarcinii u_s , curentul de sarcină i_s și tensiunii la bornele triacului u_{Tc} . În momentul t_1 , după unghiul de comandă α triacul T_c comută direct, tensiunea u_s devine egală cu tensiunea rețelei, iar căderea de tensiune pe triac se anulează.

Datorită sarcinii inductive curentul prin triac nu se anulează la trecerea prin zero a tensiunii, ci, în momentul t_2 , iar ca urmare, în forma de undă a tensiunii u_s apar impulsuri negative. În momentul t_2 , după anularea curentului, tensiunea la bornele triacului crește brusc,

triacul putând amorsa prin efect du/dt . Ca urmare, în cazul variatoarelor de t.a. care au impedanța de sarcină puternic inductivă, se impune protecția triacurilor (sau a tiristoarelor conectate antiparalel) contra efectului du/dt prin conectarea în paralel cu dispozitive a grupurilor RC. (circuite SNUBBER)

Un al doilea fenomen legat de sarcinile puternic inductive, de care trebuie să se țină cont în special la conceperea schemelor de comandă se petrece la unghiuri de comandă mici, $\alpha < \varphi$; $\text{tg } \varphi = \omega L_s / R_s$ ($\varphi =$ defazajul produs de sarcina inductivă). În acest caz unghiul de conducție α_c al triacului devine $\alpha_c > \pi$ și în momentul t_0 în semialternanța următoare triacul primește impuls de comandă el este încă în conducție. După anularea curentului prin triac el rămâne blocat astfel că forma de undă a tensiunii u_s va semăna cu cea a unui redresor monoalternanță și va fi total necorespunzătoare pentru sarcină. Pentru evitarea acestui neajuns schema de comandă trebuie astfel concepută încât, dacă $\alpha < \varphi$, să se asigure o comandă de comutare directă a triacului și în momentul anulării curentului prin triac.

2. Descrierea circuitului integrat PA436

Un circuit integrat cu care se pot comanda triacurile sau tiristoarele care echipează variatoarele de t.a. este PA436 (AA436). Schema circuitului împreună cu modul de conectare a elementelor periferice este dată în figura 3. Circuitul a fost astfel conceput încât să permită modificarea unghiului de comandă în funcție de rezistența unui termistor (dacă se folosește în reglajul de temperatură). Pentru a putea fi utilizată în cât mai multe aplicații, circuitul îndeplinește și condițiile cerute de variatoarele de t.a. a căror sarcini sunt puternic inductive.

Prin grupul R-C se realizează o divizare a tensiunii rețelei U, astfel încât la bornele 5-6 se obține o tensiune de 13.5 ... 19.5V. Stabilizatorul parametric Z_1, Q_{11} , împreună cu filtrul R_F, C_F asigură o tensiune de alimentare a circuitului $U_{10/14} = 6...9.5V$. Diodele $D_1 - D_4$ formează o punte redresoare. Tranzistoarele Q_6, Q_5, Q_7 împreună cu D_6, R_5 și R_8 constituie un întrerupător care întrerupe legătura între rezistorul R_4 și punctul A, cât timp triacul Tc se găsește în conducție. Tensiunea la bornele triacului este divizată prin R_1, R_5 și comandă în alternanța pozitivă pe Q_7 și în cea negativă pe Q_6 . Deci, dacă Tc conduce, tensiunea pe R_5 este prea mică și Q_5, Q_6, Q_7 vor fi blocate. Atunci când Tc iese din conducție rezistența R_4 se conectează la punctul A prin D_6, Q_7 în alternanță pozitivă și Q_5, Q_6 în cea negativă. Acest întrerupător intervine în comanda sarcinilor inductive.

Tranzistoarele Q_1, Q_2, Q_3 formează circuitul comparator. S-a folosit tranzistorul compus Q_2, Q_3 pentru ca impedanța în paralel cu condensatorul C_G să fie mare și pentru a compensa tensiunea de bază-emitor a lui Q_{10} . Presupunem că tensiunea u_c la bornele condensatorului C trece prin zero. Dioda D_8 devine polarizată invers și se blochează, iar circuitul nu mai este alimentat. Condensatorul C_G încărcat cu polaritatea din figură în semialternanța anterioară, se descarcă prin Q_4 (care primește curent de bază de la C_G prin R_1, R_2) până la 0.6V.

Formele de undă ale tensiunii la bornele diodei Z_1 și condensatorului C_G sunt date în figura 4. În momentul t_0 condensatorul C_G se încarcă practic instantaneu prin Q_9, Q_{10} la tensiunea V_0 dată de relația:

$$V_0 = \frac{R_B V_Z}{R_A + R_B} > 0.6V$$

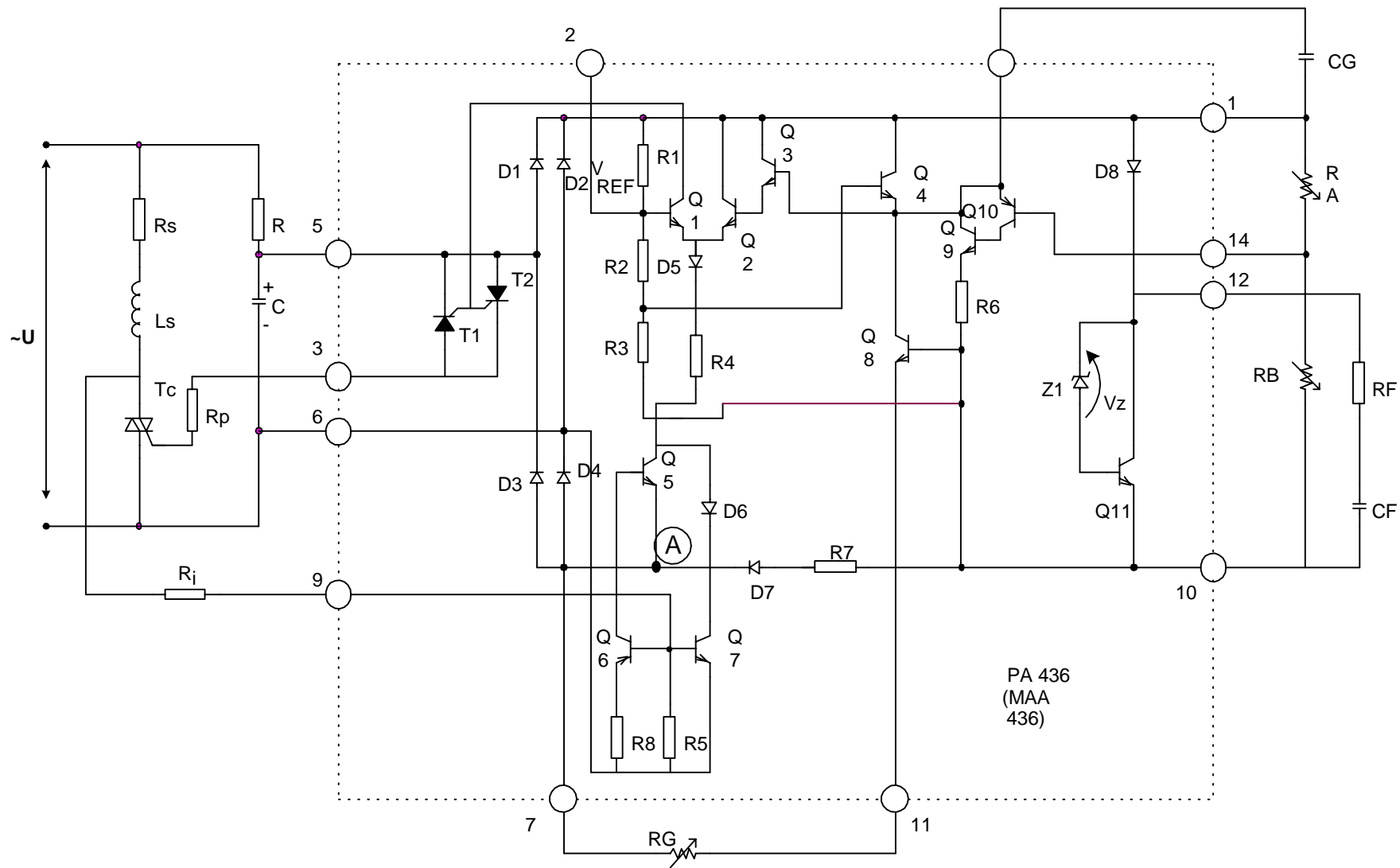


FIG. 3

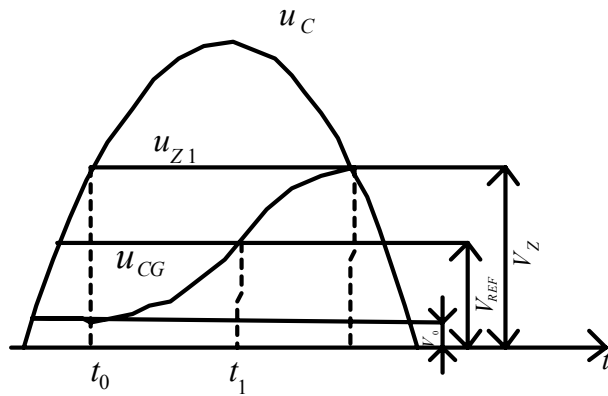


Fig.4

În continuare condensatorul C_G continuă să se încarce prin circuitul de colector al tranzistorului Q_8 , care se determină cu relația:

$$i_{CG} = i_{Q8} = u_{R7} / R_G$$

Dioda D_7 a fost introdusă pentru a compensa tensiunea B-E a lui Q_8 . Se observă că tensiunea pe bornele rezistorului R_7 , u_{R7} , este egală cu tensiunea pe condensatorul C, redresată prin puntea D_1-D_4 și tensiunea V_Z la bornele diodei Z_1 . Deci:

$$u_{R7} = u_C - V_Z = (U_{CM} - V_Z) \sin \omega t$$

în care U_{CM} este amplitudinea tensiunii

pe condensator. În timpul încărcării, tensiunea la bornele condensatorului C_G este dată de:

$$u_{CG} = V_0 + \frac{1}{C_G} \int_0^t i_{CG} dt = V_0 + \frac{U_{CM} + V_Z}{C_G R_G} \int_0^t \sin \omega t dt = V_0 + \frac{U_{CM} + V_Z}{C_G R_G} (1 - \cos \omega t)$$

deci tensiunea la bornele condensatorului prezintă o rampă cosinusoidală negativă.

Cât timp tensiunea pe condensator este mai mică decât tensiunea de referință, conduc tranzistoarele Q_2 , Q_3 și este blocat Q_1 . În figura 3 tensiunea de referință are valoarea:

$$V_{REF} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_Z$$

dar ea poate fi prescrisă și din exterior conectând o rezistență sau o sursă de c.c între bornele 1 și 2, sau 2 și 10 ale circuitului.

De îndată ce $u_{CG} > V_{REF}$ începe să conducă Q_1 , comută direct tiristoarele cu poartă anodică, T_1 sau T_2 , după cum alternanța este pozitivă sau negativă, permitând descărcarea condensatorului C în circuitul poartă – catod al triacului Tc și acesta amorsează. Curentul de poartă este limitat de rezistorul R_p .

Dacă sarcina este inductivă și u_{CG} devine mai mare ca V_{REF} în momentul în care triacul Tc se găsește încă în conducție, rezistorul R_4 este deconectat de la punctul A și curentul de colector al lui Q_1 este nul, iar T_1 , T_2 rămân blocate. Condensatorul C_G continuă să se încarce, imediat ce triacul Tc comută invers, circuitul lui R_4 se închide, T_1 T_2 comută direct și triacul primește o nouă comandă de amorsare. Se îndeplinesc astfel condițiile cerute de sarcina inductivă.

3. Alegerea elementelor periferice pentru circuitul $\beta A436$

Selecția elementelor periferice este bazată pe limitele și caracteristicile circuitului $\beta A436$ după cum urmează:

- valoarea minimă a rezistenței R este egală cu raportul dintre $\sqrt{2}U$ și curentul maxim de alimentare I_{5-6} ; valoarea maximă trebuie să asigure deschiderea diodei Z_1 , alimentarea circuitului și curenții prin ramura $R_A + R_B$, R_F și C_F .
- condensatorul C trebuie să înmagazineze o sarcină suficientă pentru a fi capabil să comute direct triacul. Curentul de descărcare prin T_1 , T_2 și borna 3 nu trebuie să depășească 150 mA;
- rezistorul R_p limitează curentul de descărcare la valoarea necesară pentru comutarea triacului;

- rezistorul R_1 se alege astfel încât dacă triacul T_c este în conducție să nu intre în conducție Q_6 sau Q_7 , iar când T_c este blocat să nu se depășească curentul maxim prin borna 9;
- nivelul normal al valorilor R_G este de $7.5 \Omega \dots 100 \text{ k} \Omega$, iar pentru C_G este $0.01 \mu\text{F} \dots 0.1 \mu\text{F}$.

4. Desfășurarea lucrării

În laborator lucrarea se va desfășura în următoarea ordine:

- a. Se completează montajul cu rezistorul R_s și inductanța L_s (un autotransformator) și se alimentează circuitul de forță de la rețeaua monofazată prin intermediul unui transformator de separare;
- b. Se trasează caracteristicile de reglaj (tensiune efectivă în funcție de unghi de comandă) pentru o sarcină pur rezistivă și una cu caracter puternic inductiv. Pentru determinarea unghiului de comandă se oscilografiază tensiunea la bornele sarcinii;
- c. Se oscilografiază formele de undă ale tensiunilor în diverse puncte accesibile ale circuitului PA436 și se interpretează formele de undă obținute.

În partea a doua a ședinței, pe baza înțelegerii funcționării circuitului, se vor efectua următoarele:

- presupunând condensatorul C de $0.1 \mu\text{F}$ și $U = 220\text{V}$, determinați rezistorul R astfel încât $U_{5-6} = 15\text{V}$;
- presupunând căderea de tensiune pe triac de 2V să se determine cea mai mică valoare a rezistenței R_1 astfel ca schema să funcționeze corect. Cât poate să fie valoarea sa maximă?
- estimați consumul propriu al circuitului PA436;
- în figura 5.a. ... d. sunt date patru scheme folosite în cazul în care tiristoarele din circuitul de forță necesită un curent mai mare decât 150mA . Explicați funcționarea. Menționăm că în aceste scheme nu s-a mai figurat condensatorul C și rezistorul R care se atașează circuitului PA436 și celelalte periferice.

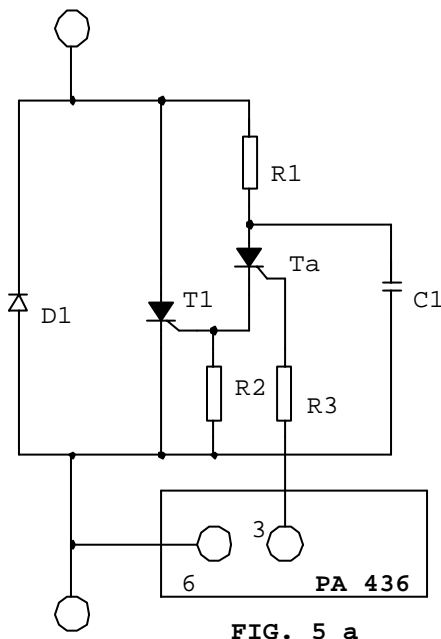


FIG. 5 a

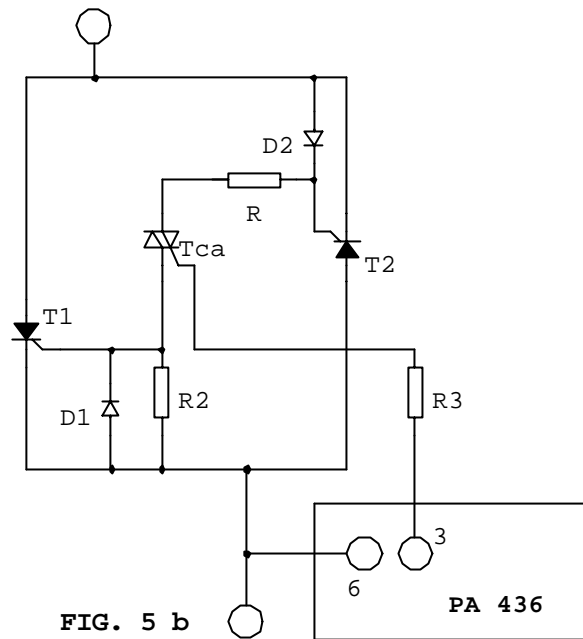


FIG. 5 b

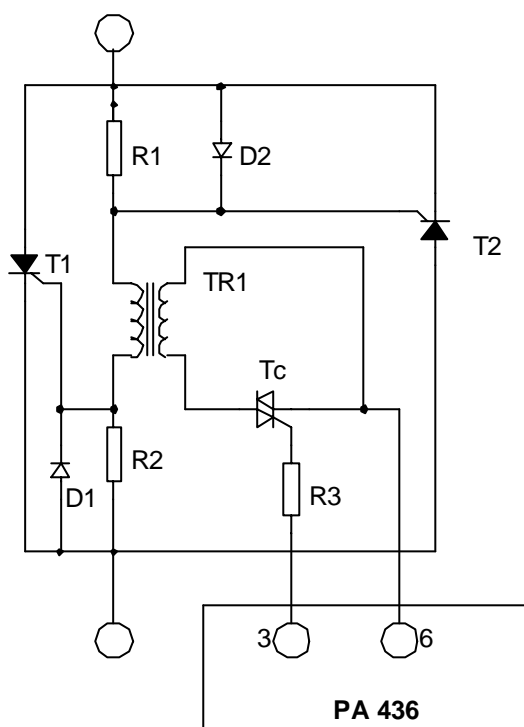


FIG. 5 c

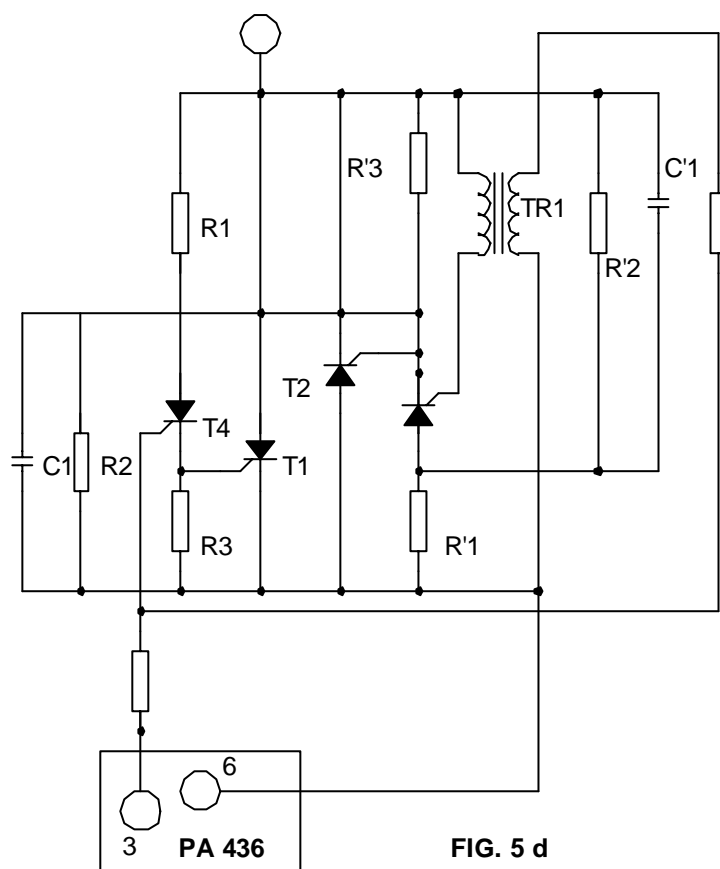


FIG. 5 d