



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00856

(22) Data de depozit: 22.11.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2014 BOPI nr. 5/2014

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE - CA,  
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• BĂDIC MIHAI, STR.CÂMPIA LIBERTĂȚII  
NR.5, BL.PM 60, SC.2, ET.6, AP.86,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;  
• PINTEA JANA, STR.SOLDAT IOSIF ION  
NR.9, BL.55, SC.A, ET.4, AP.16, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) GENERATOR DE IMPULS CURENT/TENSIUNE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un generator de impuls de curent/tensiune cu aplicații în fizică și inginerie electrică, pentru încercări ale diferitelor aparate electrice cu forme de undă standardizate, îndeosebi încercări ale variaatoarelor/descărcătoarelor cu oxizi metalici, ca surse de impuls pentru acceleratoarele de particule, pentru generarea plasmei reci și altele asemenea. Generatorul de impuls, conform invenției, este alcătuit dintr-un variator de tensiune, dintr-un generator de înaltă tensiune, precum și din două elemente de comutație ( $I_1$  și  $I_2$ ) care sunt tiratroane sau eclatoare controlate, și care sunt acționate sincronizat, cu ajutorul unui bloc electronic pentru stabilirea reglajului duratei impulsului rectangular, și dintr-un circuit de formare a impulsului, compus dintr-o inductanță ( $L_1$ ) variabilă în trepte și/sau în mod continuu, înseriată cu o rezistență ( $R_2$ ) variabilă, pe care debitează generatorul, și care permite modificarea simplă a pantei impulsului.

Revendicări: 3  
Figuri: 4

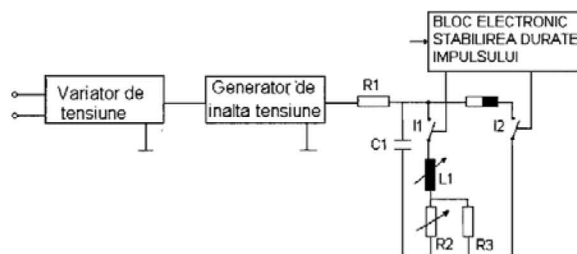


Fig. 1



## GENERATOR DE IMPULS CURENT/TENSIUNE

Inventia se refera la un generator de impuls de curent/tensiune cu aplicatii in fizica si inginerie electrica, pentru incercari de tip ale diferitelor aparate electrice cu forme de unda standardizate, indeosebi incercari pentru varistoare/descarcatoare cu oxizi metalici, ca surse de impuls pentru acceleratoarele de particule, pentru generarea plamei reci, etc.

Se cunosc generatoare de impuls care, in functie de dispozitivele de comutatie se clasifica astfel:

- cu eclatoare (clasice sau controlate);
- cu tranzistoare IGBT ;
- cu tiratroane/tiristoare.

Puterea cea mai mare in comutatie/impuls se obtine cu eclatoare (clasice sau controlate) care pot comuta curenti de ordinul miilor de kA, la tensiuni de ordinul sutelor/miilor de kV. Dezavantajul acestui tip de generatoare consta, in gabaritul mare si lipsa versatilitatii in obtinerea diferitelor forme de unda, care sunt determinate exclusiv de circuitul de sarcina.

Generatoarele cu tranzistori tip IGBT, nu pot atinge decat in cazuri cu totul exceptionale (si cu costuri foarte mari) parametrii de comutatie (curent si tensiune) relativ la tipul prezentat mai sus. De regula, puterea maxima obtinuta in regim continuu in cazul generatoarelor cu IGBT este de ordinul 100kW. Acestea prezinta in schimb, o mare versatilitate privind obtinerea diferitelor forme de unda (monoimpuls, impulsuri repetabile, etc.).

Generatoarele cu tiratroane/tiristoare au fiabilitate ridicata, o versatilitate apropiata de generatoarele cu tranzistori IGBT. Cu ajutorul tiratroanelor se pot comuta puteri de ordinul 50MW, in timp ce cu ajutorul tiristoarelor se pot comuta puteri (in impuls) de ordinul 10GW.

La generatoarele de impuls cunoscute, undele de impuls de curent lungi, de ordinul milisecundelor, se obtin prin folosirea unor linii de formare compuse din mai multe celule LC ( $8 \div 12$ ), a caror configuratie trebuie schimbata atunci cand se trece de la o durata a impulsului la alta; aceasta modificare a circuitului implica un timp apreciabil si deci costuri suplimentare in timpul incercarilor/aplicatiilor.

Scopul inventiei consta in realizarea unui generator de impuls/tensiune de mare fiabilitate care sa combine avantajele generatoarelor cu eclatoare cu cele ale generatoarelor cu tiratroane. Acest tip de generator este mult mai fiabil si prezinta un pret de cost mult mai scazut decat cele ale generatoarelor cu tranzistori tip IGBT.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia, consta in: realizarea unui generator de impuls de curent/tensiune, care sa comute curenti de ordinul zecilor de kA, corespunzator unor caderi de tensiune pe sarcina de ordinul kV, cu timpi de crestere in intervalul 100ns - 10 $\mu$ s si cu durata impulsului de 1 $\mu$ s - 2ms, asigurand astfel, obtinerea tuturor formelor de unda standardizate care se folosesc la incercarile electrice.

Generator de impuls de curent/tensiune, conform inventiei, alcatuit dintr-un un variator de tensiune, un generator de inalta tensiune, inlatura dezavantajele mentionate, prin aceea ca, mai cuprinde doua elemente de comutatie  $I_1, I_2$ , care sunt tiratroane sau eclatoare controlate si care sunt actionate sincronizat cu ajutorul blocului electronic pentru stabilirea reglajului duratei impulsului rectangular si respectiv circuitul de formare a impulsului compus din inductivitatea  $L_1$  si variabila (in trepte si/sau in mod continuu), inseriata cu rezistenta variabila  $R_2$  pe care debiteaza generatorul si care permite modificarea simpla a pantei impulsului (resetime).

Avantajele inventiei sunt urmatoarele:

- simplitatea constructiva;
- costuri reduse in raport cu alte generatoare cu parametrii asemanatori;
- obtinerea unor forme de unda cu parametrii (amplitudinea, timpul de crestere, durata impulsului si timpul de descrestere) variabili in mod continuu intr-o gama larga: timpi de crestere (rise-time) in intervalul 100ns - 10 $\mu$ s si cu durata impulsului de 1 $\mu$ s - 2ms.

Se da in continuare un exemplu de realizare a inventiei in legatura cu fig. 1-4 care reprezinta:

- fig.1 Schema bloc de principiu a generatorului de impuls, conform inventiei;
- fig 2 Schema electronica a generatorului de impuls, conform inventiei;
- fig 3 Exemplu de oscilograma de impuls;
- fig 4 Exemplu de oscilograma cu frontul (rise-time) cel mai rapid obtinut.

Schema bloc de principiu a generatorului de impuls curent/tensiune, conform (fig.1) cuprinde:

- un variator de tensiune, un generator de inalta tensiune, cunoscute, care incarca condensatorul  $C_1$  prin intermediul rezistentei  $R_1$ .

- doua elemente de comutatie  $I_1, I_2$ , care sunt tiratroane sau eclatoare controlate si care sunt actionate sincronizat cu ajutorul blocului electronic, pentru stabilirea duratei impulsului si respectiv circuitul de formare a impulsului compus din inductivitatea  $L_1$  si variabila (in trepte si/sau in mod continuu), inseriata cu rezistenta variabila  $R_2$  pe care debiteaza generatorul si care permite modificarea simpla a pantei impulsului (resetime).

Puterea generatorului si ceilalti parametri, conform figurii 2, se stabilesc in functie de elementele de comutatie folosite si anume: tiratroane cu hidrogen ТГН1-325/16 cu un curent maxim de 325 A ( $1,75 \mu\text{s}$ ) si o putere in impuls de 2,6MW. Pentru stocarea energiei s-a folosit o baterie de condensatoare cu o capacitate totala de  $2 \mu\text{F}$  pentru o tensiune de 12 kV.

Sunt folosite tiratroanele cu catod cald si hidrogen la presiune joasa deoarece, ele asigura intarzierile (intre comanda pe grila si descarcarea principala) minime si o dispersie redusa, datorita timpilor scurti de ionizare si deionizare. Prin aplicarea de tensiuni mari pe grila ( $1 \div 2$  kV), pentru formarea accelerata a plasmei intre catod si grila si prin masuri suplimentare de microrare a inductivitatii circuitului, se obtin astfel, durate ale frontului de 10ns, timpi de intarziere sub 50ns si dispersii mai mici de 1 ns.

La deconectare inasa, tiratroanele cu hidrogen au timpi mai lungi, de ordinul microsecundelor, care nu pot fi microrati, nici prin aplicarea unei tensiuni negative pe grila in scopul accelerarii procesului de deionizare. Tinand seama de aceste considerente, au rezultat urmatoarele caracteristici ale generatorului de impuls:

- amplitudinea tensiunii impulsului reglabila continuu intre 500 V  $\div$  10 kV;
- durata impulsului rectangular reglabila intre 20  $\mu\text{s}$  si 500  $\mu\text{s}$ ;
- durata primei tranzitii reglabila in 3 game: 100 ns; 1  $\mu\text{s} \div$  10 $\mu\text{s}$ ; 50 $\mu\text{s} \div$  100 $\mu\text{s}$ ;
- durata ultimei tranzitii: min 5 $\mu\text{s}$ ;
- curentul maxim admis pentru pastrarea formei impulsului in limitele  $\pm$  10%; 20 A;
- curent maxim admis : 300 A.

La actionarea comutatorului  $K_1$  semnalul se trimite simultan pe doua cai:

1. circuitul format din rezistentele  $R_1, R_2$ , tranzistorul  $T_1$ , care constituie un formator/amplificator de impuls si mai departe prin intermediul condensatorului  $C_1$  la transformatorul de impuls  $TR_1$  care actioneaza prin intermediul rezistentei  $R_6$ , poarta tiristorului  $Z_1$  care transmite impulsul de amorsare pe grila tiratronului  $TH_1$ , prin intermediul circuitului format din condensatorul  $C_9$ , rezistenta  $R_{12}$  si lantul de diode  $D_n$  (cu rolul de supresare a tensiunilor inverse de valoare mare de pe grila tiratronului).
2. pe circuitul de temporizare sincronizata format din condensatoarele  $C_2, C_3, C_4, C_6$ , respectiv rezistentele  $R_5, R_7, R_8, R_{14}$ , care la randul lui actioneaza formatorul de impuls compus din condensatoarele  $C_5, C_7$ , rezistentele  $R_9, R_{10}, R_{11}$ , si tranzistoarele  $T_4, T_5$ ; in continuare impulsul este trimis printr-un circuit analog celui descris anterior (format din transformatorul de impuls  $TR_2$ , tiristorul  $Z_2$  si componentele aferente catre grila tiratronului  $TH_2$ ).

Circuitul de temporizare, asigura variatia in trepte ( $C_3$  si  $C_4$ ) respectiv, continuu ( $P_1$ ) a duratei impulsului, ceea ce corespunde intervalului de timp intre impulsul de amorsare pe grila tiratronului  $TH_1$  respectiv impulsul de amorsare pe grila tiratronului  $TH_2$ .

In oscilograma din figura 3 este aratata forma generala a impulsului de tensiune, iar in figura 4 frontul cel mai rapid obtinut, 100 ns la o amplitudine a impulsului de 10kV).

Schema electronica a generatorului de impuls fig. 2, arata configuratia circuitului electronic de comanda care actioneaza asupra celor doua tiratroane in vederea reglajului duratei impulsului rectangular.

Dupa formarea impulsului de comanda, acesta se divide in vederea comenzilor pe portile tiristoarelor, in final obtinandu-se impulsurile de amorsare pe grilele tiratroanelor.

Pentru circuitul tiratronului TH<sub>1</sub> impulsul este amplificat, separat galvanic cu un transformator de impuls, si apoi, prin intermediul tiristorului, tensiunea de amorsare este adusa pe grila, prin diodele cu avalansa controlata inseriate care, impiedica propagarea tensiunii inalte in circuitul de comanda. Pentru tiratronul TH<sub>2</sub>, cu ajutorul unui circuit monostabil comandat, impulsul intarziat este aplicat, tot prin intermediul unui tiristor, tiratronului TH<sub>2</sub>. Circuitul tiristorului asigura, in lipsa comenzii, o tensiune negativa pe grila tiratronului pentru evitarea amorsarilor intempestive ale acestuia (in timpul comenzii pe grila lui TH<sub>1</sub>). Faptul ca tiratronul TH<sub>1</sub> functioneaza cu sarcina pe catod, a necesitat alimentarea filamentului printr-un transformator izolat la 15kV. Generatorul asigura experimentari in gama 10mA-300A cu fronturi variabile ca durata.

Cele doua elemente de comutatie TH<sub>1</sub>, TH<sub>2</sub> actionate sincronizat de la blocul electronic de comanda permit reglarea cu precizie in mod continuu sau in trepte a duratei impulsului. Aceasta caracteristica are o insemnatate deosebita in special pentru constructia generatoarelor de impuls de curent (unda lunga) folosite la testarea/incercarea varistoarelor/descarcatoarelor cu oxizi metalici.

Astfel generatoarele cunoscute, folosite in prezent, cu linii de formare constituite din celule LC (8÷12) presupun modificarea inductivitativilor pentru fiecare lungime de impuls standardizat.

In timp ce prin generatorul conform inventiei, modificarea duratei impulsului se face in trepte sau in mod continuu de la butoane aferente blocului electronic de control (de stabilire a duratei impulsului).

Schema prezinta de asemenea o inductivitate variabila (in trepte si/sau in mod continuu), inseriata cu sarcina pe care debiteaza generatorul si care permite modificarea simpla a pantei impulsului (resetime). Acest lucru prezinta o deosebita importanta in acele aplicatii in care se cere o anumita panta a impulsului sau in aplicatiile in care standardele de incercari prevad in mod expres o forma standardizata de impuls de curent.

Principiul constructiv al generatorului conform inventiei, permite inlocuirea directa a celor doua elemente de comutatie TH<sub>1</sub> si TH<sub>2</sub> din schema de principiu in vederea obtinerii unor puteri mai mari sau pentru micșorarea gabariturii generatoarelor construite dupa acest principiu.

Generatorul conform inventiei este construit avand ca elemente de comutatie doua tiratroane de tip ТГН1-325/16 respectiv, ТГН1-700/25. Aceste elemente de comutatie pot fi inlocuite spre exemplu cu eclatoare cu atmosfera controlata cu actionare sincronizata si dispersie redusa a timpilor de anclansare astfel incat, atat curentul cat si tensiunea pot creste in mod semnificativ atingand valori de ordinul sutelor de kV, respectiv zeci de kA. De asemenea, in functie de aplicatia solicitata, tiratroanele pot fi inlocuite cu alte elemente de comutatie, de exemplu IGBT (izolate gate bipolar transistor) ceea ce confera generatorului calitatea de "solid state", micșorand in mod semnificativ gabaritul acestuia si creand posibilitatea unei constructii compacte.

Generatorul de impuls, conform inventiei, asigura o singura linie de formare, compusa dintr-o singura celula LC si care asigura durata impulsului corespunzatoare timpului maxim dorit, ceea ce confera generatorului o mare versatilitate, siguranta in functionare, dispersii reduse la lungimea impulsului dorit.

## Revendicari

1. Generator de impuls de curent/tensiune alcatuit dintr-un variator de tensiune, un generator de inalta tensiune, caracterizat prin aceea ca mai cuprinde doua elemente de comutatie  $I_1$ ,  $I_2$ , care sunt tiratroane sau eclatoare controlate si care sunt actionate sincronizat cu ajutorul blocului electronic pentru stabilirea reglajului duratei impulsului rectangular si respectiv circuitul de formare a impulsului compus din inductivitatea  $L_1$  si variabila (in trepte si/sau in mod continuu), inseriata cu rezistenta variabila  $R_2$  pe care debiteaza generatorul si care permite modificarea simpla a pantei impulsului (rese-time).

2. Generator de impuls conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca, dupa formarea impulsului de comanda acesta se divide in vederea comenzilor pe portile tiristoarelor, in final obtinandu-se impulsurile de amorsare pe grilele tiratroanelor. Pentru circuitul tiratronului  $I_1$  impulsul este amplificat, separat galvanic cu un transformator de impuls, si apoi, prin intermediul tiristorului, tensiunea de amorsare este adusa pe grila, prin diodele cu avalansa controlata inseriate care impiedica propagarea tensiunii inalte in circuitul de comanda; pentru tiratronul  $I_2$ , cu ajutorul unui circuit monostabil comandat, impulsul intarziat este aplicat, tot prin intermediul unui tiristor, tiratronului  $I_2$ ; circuitul tiristorului asigura, in lipsa comenzii, o tensiune negativa pe grila tiratronului pentru evitarea amorsarilor intempestive ale acestuia (in timpul comenzii pe grila lui  $I_1$ ); faptul ca tiratronul  $I_1$  functioneaza cu sarcina pe catod, necesita alimentarea filamentului printr-un transformator izolat la 15kV; generatorul asigura experimentari in gama 10mA-300A cu fronturi variabile ca durata.

3. Generator de impuls conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca, prezinta urmatoarele caracteristici: amplitudinea tensiunii impulsului reglabila continuu intre 500 V  $\div$  10 kV; durata impulsului rectangular reglabila intre 20  $\mu$ s si 500  $\mu$ s; durata primei tranzitii reglabila in 3 game: 100 ns; 1  $\mu$ s  $\div$  10 $\mu$ s; 50 $\mu$ s  $\div$  100 $\mu$ s; durata ultimei tranzitii: min 5 $\mu$ s; curentul maxim admis pentru pastrarea formei impulsului in limitele  $\pm$  10%; 20 A; curent maxim admis : 300 A.

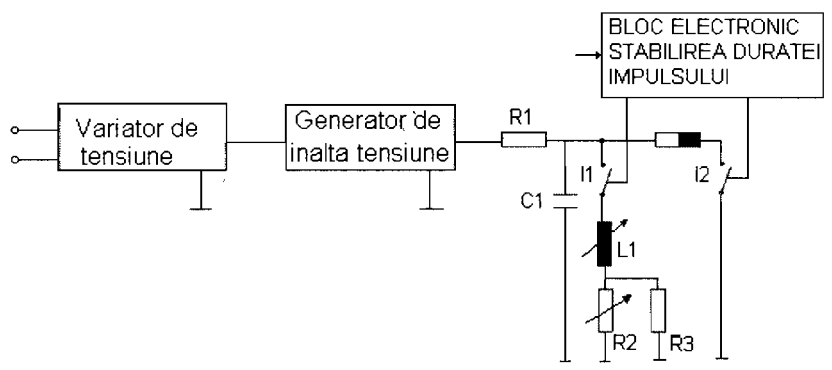


Fig. 1.

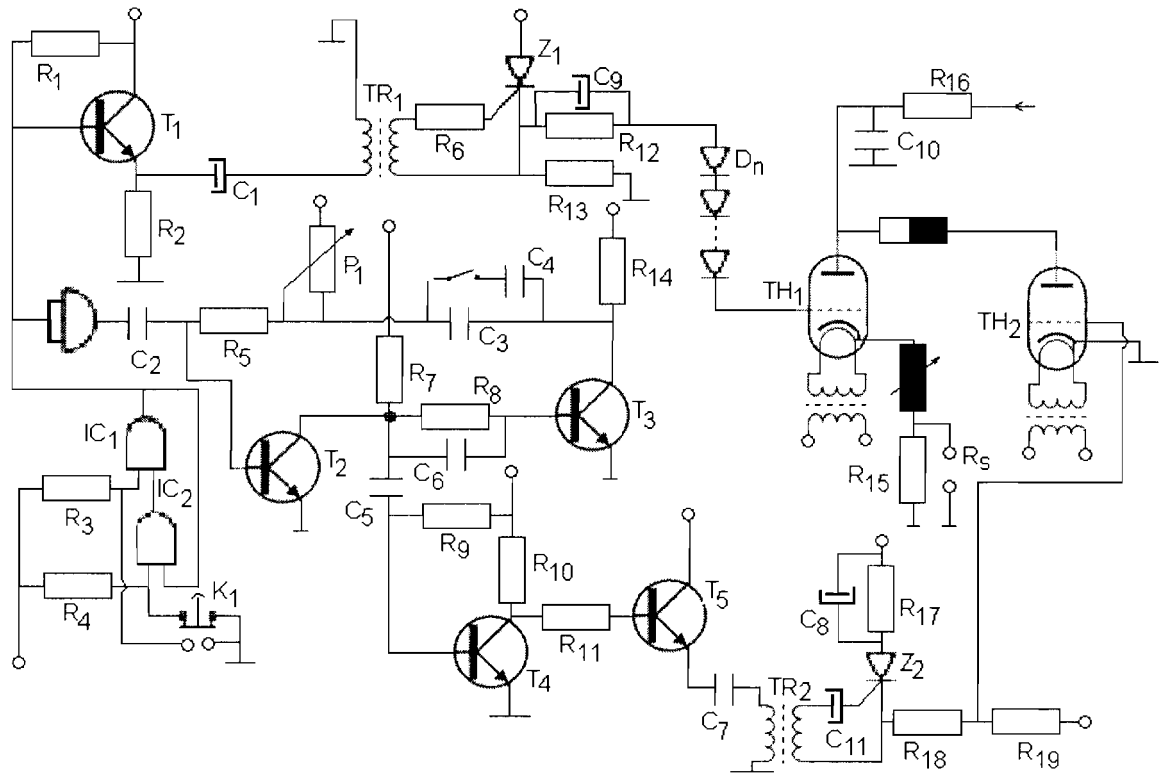


Fig. 2.

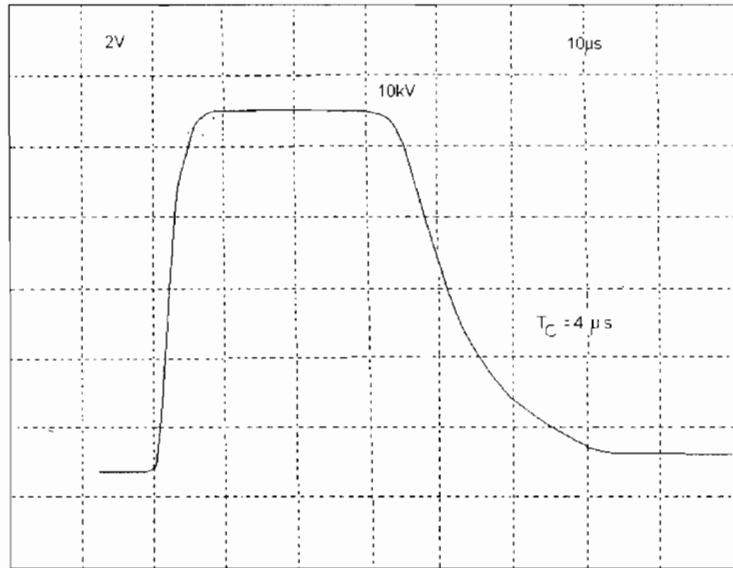


Fig. 3.

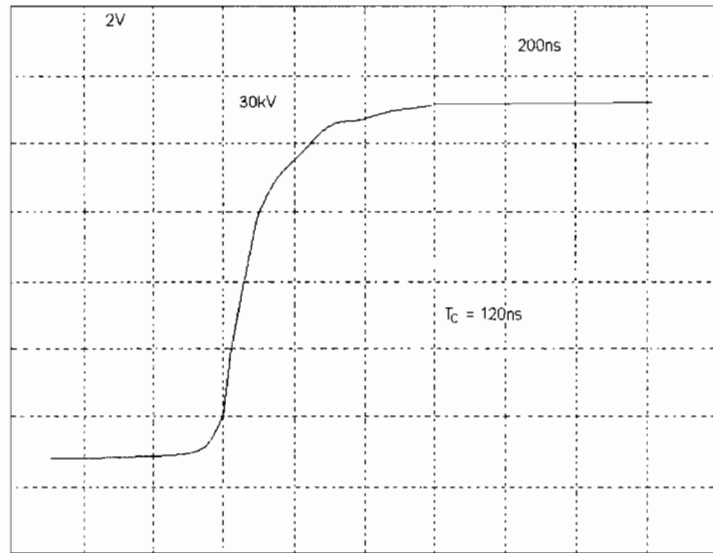


Fig. 4.