

GENERATORUL DE TENSIUNE DE IMPULS 30 kV

Generatorul este montat într-o carcasă metalică în care este inclusă și incinta de încercare, iar pe suprafața superioară sunt amplasate butoanele de comandă. Caracteristicile tehnice principale sunt:

- tensiunea de încărcare maximă30 kV;
- energia maximă a impulsului 22 Ws;
- forma undei de tensiune1,2/50 μ s;
- frecvența maximă de repetiție a impulsurilor6 imp/min.

Schema electrică de principiu a generatorului este dată în fig.1, iar amplasarea butoanelor de comandă este dată în fig. 2.

Generatorul poate produce unde de impuls de ambele polarități, redresorul din circuitul de încărcare al condensatorului de impuls fiind debroșabil, putându-se monta astfel încât să se obțină polaritatea dorită.

Tensiunea înaltă alternativă se obține cu un transformator de înaltă tensiune TIT (în construcție uscată, având izolația înfășurării de înaltă tensiune din rășină epoxidică), alimentat de la un autotransformator reglabil ATR. Pentru măsurarea tensiunii înalte alternative există voltmetrul V_1 (gradat în kV) conectat la o priză a înfășurării de înaltă tensiune a TIT. Măsurarea tensiunii continue de încărcare a condensatorului de impuls se realizează cu voltmetrul V_2 (gradat în kV) conectat în brațul de joasă tensiune al divizorului rezistiv DT. Cele două voltmetre sunt protejate împotriva tensiunilor înalte accidentale cu eclatoare cu electrozi tijă în paralel cu varistoare. Protecția generatorului la suprasarcină este asigurată de un releu maximal de curent și cu siguranțe fuzibile.

Măsurarea tensiunii de impuls se realizează cu un eclator de măsură EM având diametrul sferelor de 2 cm. Deoarece se află amplasat în carcasa metalică a generatorului, eclatorul este iradiat de la o sursă radioactivă (izotopul Kr-85) pentru reducerea dispersiei tensiunii de amorsare prin crearea unei stări de ionizare uniformă a aerului dintre sfere.

Este prevăzut un separator de punere la pământ SPP pentru descărcarea sarcinii reziduale a condensatoarelor C_1 și C_2 . Din motive de electrosecuritate, capacul incintei de încercare este prevăzut cu interblocaje mecanice, care nu permit a fi deschis decât dacă SPP se află în poziția închis.

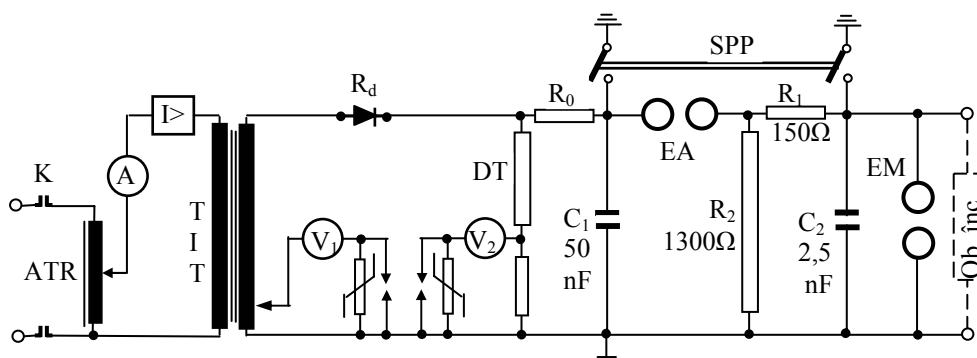


Fig.1- Schema de principiu a GIT-30kV:

ATR-autotransformator reglabil; *TIT*-transformator de înaltă tensiune; *A, I >*- ampermetru, respectiv releu maximal de curent; *R_d*-redresor; *V₁, V₂*-voltmetre gradate în kV; *DT*-divizor de tensiune; *R₀*-rezistența de protecție; *EA*-eclator de amorsare; *C₁, C₂*-condensatoare de impuls, respectiv de descărcare; *R₁, R₂*-rezistoare de front, respectiv de spate; *EM*-eclator de măsură; *Ob*-obiect de încercat; *SPP*-separator de punere la pământ; *K*-contactor.

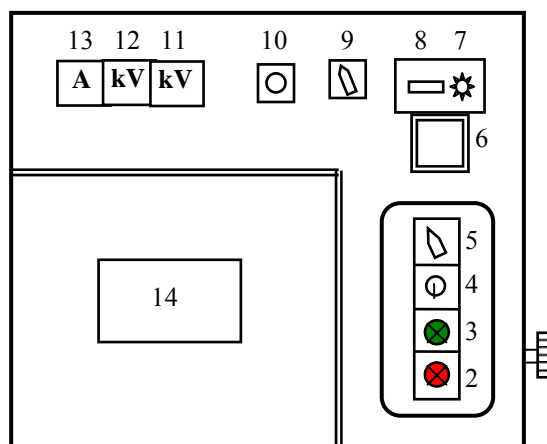


Fig2-Amplasarea elementelor de comandă, semnalizare și măsură pe pupitrul GIT-30 kV:

1-buton de acționare a cursorului ATR; 2-buton de comandă a anclanșării contactorului K; 3-buton de comandă a declanșării contactorului K; 4-cheie de contact; 5-comutatorul gamei de măsurare ($\times 1$, $\times 0,5$) și a polarității instrumentului de măsurare a tensiunii înalte continue; 6-fereastră de observare a eclatorului de măsură; 7-buton pentru reglarea distanței între sferile eclatorului de măsură; 8-contor de afișare a distanței dintre sferile eclatorului de măsură; 9-buton pentru acționarea SPP; 10-buton de acționare a eclatorului de amorsare; 11-voltmetru (gradat în kV) pentru tensiunea înaltă continuă de încărcare a condensatorului de impuls; 12-voltmetru (gradat în kV) pentru tensiunea înaltă alternativă; 13-ampermetru pentru curentul primar; 14-fereastră de observare a incintei de încercare.

Pentru punerea în funcțiune a generatorului, se execută următoarea secvență de operații;

- se verifică dacă carcasa GIT este legată la pământ;
- se aduce cheia de contact în poziția « conectat » prin apăsare urmată de răsucire la dreapta ; ca urmare se va aprinde lampa roșie din butonul 2 ;
- se deschide SPP;
- se închide contactorul K prin apăsarea butonului 2, marcat cu semnul « I » ;
- se reglează tensiunea de încărcare a condensatorului de impuls la valoarea dorită prin acționarea cursorului ATR;
- se amorsează GIT apăsând lent pe butonul 10 până la perceperea zgomotului produs de amorsarea eclatorului EA;
- se recomandă a nu se amorsa din nou generatorul până ce indicația voltmetrului 11 nu se stabilizează (aceasta este echivalent cu încărcarea completă a condensatorului de impuls, astfel încât amplitudinea impulsului produs să fie aceeași cu a impulsului precedent, dacă nu a fost modificată poziția cursorului ATR);

Pe durata utilizării generatorului, accesul în incinta de încercare este posibilă numai dacă separatorul de punere la pământ, SPP, este închis. Nu se recomandă închiderea acestuia înainte de scăderea aproape la zero a tensiunii înalte continue.

Pentru scoaterea din funcțiune a GIT se procedează astfel:

- se aduce cursorul ATR pe poziție de tensiune nulă;
- se întrerupe alimentarea ATR, acționând butonul 3, marcat cu semnul «0»;
- se întrerupe alimentarea de la rețea, acționând cheia de contact;
- se aduce SPP în poziția închis, după care se poate deschide incinta de încercare.

2.4. GENERATORUL DE IMPULS DE TENSIUNE MONOETAJ

1. Forma și parametrii impulsului de tensiune de trăsnet

Studiul comportării construcțiilor electroizolante la acțiunea supratensiunilor provocate de descărcările de trăsnet necesită producerea în laborator a unei tensiuni a cărei formă să corespundă înregistrărilor obținute experimental, în timpul furtunilor cu astfel de descărcări. Forma acestor tensiuni este de impuls în general aperiodic, având inițial o creștere rapidă (front) până la valoarea de vârf, urmată de o descreștere mai lentă (spate), dar ale căror durate pot varia în limite relativ largi. În urma studiilor de laborator referitoare la comportarea izolației la astfel de solicitări, s-a ajuns la definirea unei forme standard de impuls de tensiune de trăsnet (ITT), caracterizată prin duratele convenționale ale frontului ($1,2 \mu\text{s}$) și semiamplitudinii ($50 \mu\text{s}$).

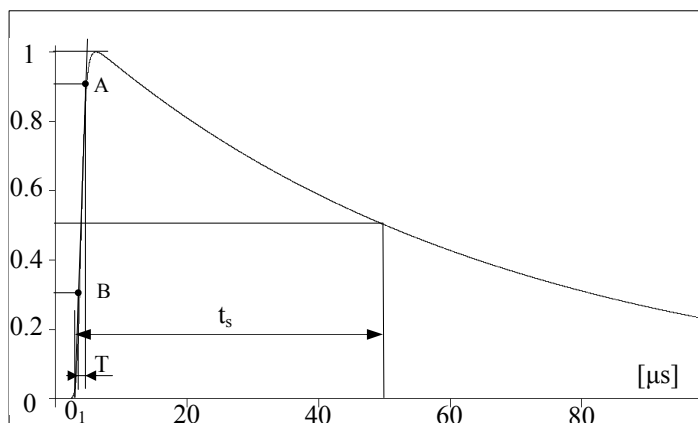


Fig.1. Măsurarea parametrilor impulsului de tensiune

Impulsul de tensiune de trăsnet (ITT) este plin dacă nu este întrerupt printr-o descărcare distructivă. Dacă impulsul aplicat unei izolații produce o descărcare electrică, tensiunea cade la zero în momentul descărcării, respectiv impulsul este tăiat. Tăierea poate surveni pe front, pe vârf sau pe spatele impulsului.

Măsurarea duratelor frontului și semiamplitudinii impulsului se realizează conform fig.1, folosind o înregistrare oscilografică. Acest procedeu este standardizat și a fost ales astfel pentru a nu se folosi porțiunea inițială a impulsului, care poate fi denaturată de către sistemul de măsurare și înregistrare, dacă nu are un timp de răspuns suficient de mic.

Durata convențională a frontului impulsului de tensiune, t_f , este durata egală cu de 1,67 ori intervalul de timp T , în care tensiunea crește între 30 și respectiv 90% din valoarea de vârf.

Originea convențională (O_I) a undei de impuls este momentul precedent abscisei punctului A cu o durată egală cu $0,3 t_f$. Pentru oscilogramele cu baleiaj liniar, originea convențională este intersecția axei absciselor cu dreapta care trece prin punctele de referință A și B de pe frontul impulsului.

Durata convențională a semiamplitudinii undei de impuls, t_s , este intervalul de timp cuprins între momentul care corespunde originii convenționale și momentul de pe spatele undei, în care tensiunea atinge valoarea de 50% din valoarea de vârf.

2. Producerea tensiunilor de impuls de trăsnet

Pentru generarea unor unde de tensiune de forma arătată în fig.1, se folosesc generatoare de impuls de tensiune (GIT). Cea mai frecvent folosită schemă de principiu a unui asemenea generator are configurația din fig.2.

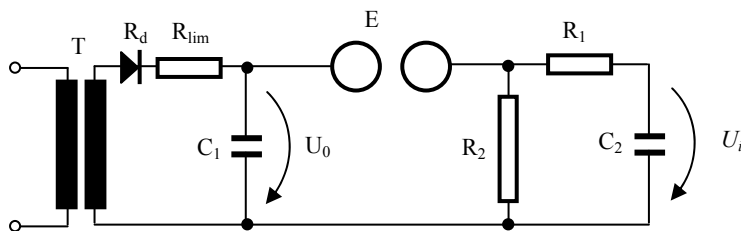


Fig.2. Schema de principiu pentru generarea impulsului de tensiune aperiodic

Condensatorul de impuls C_1 se încarcă, de la o sursă de tensiune înaltă redresată, formată din transformatorul de alimentare T și redresorul R_d . Atunci când tensiunea la bornele acestuia atinge valoarea U_0 , egală cu tensiunea de amorsare a eclatorului E , acesta amorsează și în continuare au loc următoarele procese:

- încărcarea condensatorului de sarcină C_2 prin rezistența de front R_1 , ceea ce determină creșterea tensiunii la bornele condensatorului, respectiv formarea frontului undei;
- descărcarea condensatoarelor C_1 și C_2 pe rezistența de spate R_2 , respectiv pe

rezistențele de front și de spate, ceea ce determină scăderea tensiunii la bornele condensatorului C_2 , adică formarea spatelui impulsului.

Pe durata desfășurării acestor procese, contribuția transformatorului la încărcarea condensatoarelor este neglijabilă datorită rezistenței R_{lim} a cărei valoare trebuie să fie suficient de mare în acest scop. Astfel formarea impulsului are loc numai datorită energiei acumulate în condensatorul C_1 .

Tensiunea de impuls U_i de la bornele condensatorului de sarcină C_2 are o formă dublu exponențială, exprimată prin relația:

$$U_i(t) = \eta U_0 (e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}). \quad (1)$$

Parametrul adimensional η și constantele de timp T_1 și T_2 depind de structura schemei și de mărimile componentelor acesteia. Pentru ca impulsul de tensiune să aibă forma din fig.1 este necesar ca $T_1 \ll T_2$. În acest scop valorile elementelor C_2 și R_1 , care determină frontul undeii rapid crescător, trebuie să fie mult mai mici decât valorile elementelor C_1 respectiv R_2 care determină spatele undeii, lent descrescător.

Amplitudinea tensiunii $U_i(t)$ este mai mică decât tensiunea de încărcare U_0 din două motive: căderea de tensiune pe rezistența de front și reducerea tensiunii la bornele condensatorului de impuls C_1 pe durata frontului impulsului datorită încărcării condensatorului de sarcină C_2 . Eficiența GIT se apreciază după mărimea raportului U_{imax}/U_0 , dintre amplitudinea tensiunii de impuls și tensiunea de încărcare a condensatorului de impuls, numit coeficient de utilizare. Cu cât coeficientul de utilizare este mai apropiat de valoarea 1, eficiența generatorului este mai bună.

În cazul schemei din fig.2, parametrii impulsului (duratele t_f și t_s) și coeficientul de utilizare se pot calcula cu formulele aproximative:

$$t_f = 2,96R_1 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; \quad t_s = 0,73R_2 (C_1 + C_2); \quad c_u = \frac{C_1}{C_1 + C_2}. \quad (2)$$

3. Măsurarea tensiunilor de impuls de trăsnet

Măsurarea tensiunilor înalte de impuls de se poate realiza direct cu ajutorul eclatorului cu sfere sau indirect folosind un divizor de tensiune la care este racordat, în brațul de joasă tensiune un oscilograf sau un voltmetru de vârf. În cadrul acestei lucrări se va folosi numai măsurarea directă cu eclatorul cu sfere

Tensiunea de impuls având o durată foarte redusă, iar impulsul odată format nemaiputând fi modificat, modul de folosire a eclatorului diferă față de cazul măsurării tensiunilor alternative sau continue.

Astfel se impune o măsurare prin încercări, aplicând impulsuri identice succesive-

ve pe eclatorul cu distanță variabilă între sfere de la o încercare la alta sau aplicând impulsuri cu amplitudini diferite eclatorului cu distanță constantă între sfere. Ca urmare, este necesară o metodă statistică de măsură, cel mai frecvent utilizată fiind metoda celor 50 % amorsări. Aceasta înseamnă obținerea unei distanțe între sfere pentru care, dintr-un suficient de mare număr de impulsuri aplicate, numai jumătate provoacă amorsarea descărcării. Obținerea acestei distanțe între sferile eclatorului se poate face prin procedee rapide care necesită un număr mai redus de încercări.

Metoda *treptelor multiple*, presupune reglarea distanței dintre sfere în trepte de cel mult 2% din distanța prezumată. Pentru fiecare treaptă se vor aplica serii de 6 impulsuri, intervalul de timp între două impulsuri succesive nefiind mai mic de 5 secunde. Distanța care corespunde tensiunii de 50% amorsări disruptive se obține prin ca medie aritmetică a două trepte consecutive ale distanței, pentru prima amorsările eclatorului fiind majoritare, iar pentru cealaltă amorsările fiind minoritare. O tehnică similară se poate folosi modificând amplitudinea impulsurilor și păstrând distanța între sfere constantă.

Altă metodă este cunoscută sub denumirea „*sus-jos*” și se aplică astfel: se pleacă de la estimarea distanței d între sferile eclatorului de măsură corespunzătoare mărimii tensiunii de încărcare, U_0 . Se alege o treaptă de variație a distanței Δd de cca. 3% din d . Se aplică eclatorului impulsul obținut pentru tensiunea de încărcare U_0 . Dacă se produce amorsarea, se reglează distanța dintre sfere la valoarea $d + \Delta d$ și se aplică eclatorului alt impuls identic. Dacă are loc o nouă amorsare, pentru următorul impuls distanța dintre sfere va fi $d + 2\Delta d$. Se continuă astfel cu mărirea distanței în trepte Δd până când eclatorul nu mai amorsează. Mai departe, după prima neamorsare, distanța se va reduce cu Δd , iar în continuare creșterea sau reducerea distanței vor fi impuse de răspunsul eclatorului (amorsare, respectiv neamorsare). Se continuă astfel până la un număr de cca. 20 încercări. Se calculează distanța corespunzătoare tensiunii de 50% amorsări cu relația:

$$d_{50} = \frac{\sum n_x d_x}{\sum n_x}, \quad (3)$$

în care n_x reprezintă numărul de aplicări ale impulsului la distanța d_x între sfere. Se vor lua în considerare numai treptele d_x care s-au folosit de cel puțin două ori în seria de încercări. Această condiție elimină erorile datorate alegerii prea mari sau prea mici a distanței prezumate.

Și această metodă poate fi transpusă în trepte de tensiune, păstrând distanța între sfere neschimbată și modificând tensiunea de încărcare în trepte de 2 – 3% din valoarea inițială. Rezultatul obținut va fi tensiunea de încărcare a generatorului pentru care

amplitudinea impulsului produs va fi egală cu tensiunea de 50% amorsări a eclatorului pentru distanța reglată între sfere.

Rămâne necesară corecția tensiunii măsurate în funcție de presiunea și temperatura aerului din laborator.

4. Indicații metodice și prelucrarea rezultatelor experimentale

Partea experimentală a lucrării are ca scop cunoașterea construcției și a funcționării generatorului de tensiune de impuls precum și măsurarea tensiunii de impuls cu eclatorul cu sfere. Se va folosi generatorul de tensiune de impuls de 30 kV.

a) Se vor studia construcția și modul de folosire a generatorului de impuls de tensiune de 30 kV (vezi pag.25–27), observând componentele și conexiunile părții de înaltă tensiune ca și funcțiunile organelor de comandă. Se va acorda atenție specială construcției eclatorului de măsură. Se vor observa și verifica măsurile constructive de protecție împotriva electrocutărilor existente la acest generator.

b) Se vor calcula durata de front, durata de semiamplitudine și coeficientul de utilizare a generatorului de impuls, folosind relațiile (2).

c) Determinarea experimentală a coeficientului de utilizare.

Conform definiției de mai sus, pentru determinarea coeficientului de utilizare trebuie măsurate tensiunea de încărcare U_0 și amplitudinea impulsului de tensiune.

Tensiunea continuă de încărcare se măsoară cu ajutorul divizorului de tensiune rezistiv inclus în construcția generatorului, observând valoarea măsurată la voltmetrul de pe generator.

Amplitudinea tensiunii de impuls se va obține ca tensiune de 50% amorsări a eclatorului de măsură inclus, de asemenea, în generator și având diametrul sferelor de 2 cm. Se vor folosi metodele de măsurare rapidă descrise mai sus.

Se va alege mai întâi o valoare a tensiunii de încărcare U_0 , iar distanța orientativă dintre sferele eclatorului se va determina folosind tabelul de tensiuni disruptive și valoarea teoretică a coeficientului de utilizare. Apoi se va aplica metoda iterativă aleasă. Determinările se vor face pentru câteva valori ale tensiunii de încărcare. Se va aplica corecția relativă la densitatea și umiditatea aerului din laborator.

Rezultatele finale se vor trece în tabel.

Tabelul 1. Rezultatele determinărilor experimentale

U_0 [kV]	d [cm]	$U_{50\%}$ [kV]	$U_{\max} = U_{50\%} \cdot \delta$ [kV]	$c_u = U_{\max}/U_0$	Metoda de măsurare