

Invenția se referă la domeniul măsurărilor electrice și poate fi utilizată pentru măsurarea tensiunilor la curent alternativ și cercetarea tensiunilor de impuls.

Se cunoaște divizorul de tensiune (DT) ohmic compensat, care conține un braț de înaltă tensiune alcătuit din rezistoare de măsurare legate în serie și coaxial cu acesta un ecran rezistiv coaxial, în care prin reglarea potențialului capătului superior și inferior al ecranului se obține compensarea erorii de frecvență a coeficientului de divizare al DT. Curenții de compensație capacitivi dintre rezistoarele de măsurare și de ecranare permit compensarea erorii unghiulare [1.pag.94].

Neajunsul unui astfel de DT este complexitatea reglării potențialelor, compensarea frecvențelor se obține numai la o singură frecvență, deoarece la schimbarea de frecvență a tensiunii măsurate se schimbă rezistența complexă a ecranului rezistiv coaxial și ca urmare intervine schimbarea potențialelor capătului inferior și superior al ecranului menționat. În afară de acesta, asupra rezistenței complexe a ecranului rezistiv coaxial exercită un impact considerabil existența unor capacități greu apreciable ale ecranului rezistiv în raport cu obiectele ambiante și cu pământul.

Pentru a reduce impactul dăunător al capacităților ale ecranului rezistiv în raport cu pământul se utilizează de asemenea adaptarea repartiției capacitivă a tensiunii de-a lungul divizorului cu cea ohmică, ceea ce se realizează în divizoarele de tensiune capacitiv-ohmice combinate [2]. Impactul curenților capacitivi de scurgere se micșorează prin majorarea capacității longitudinale a divizorului. În acest scop, în brațul de înaltă tensiune în paralel cu rezistoarele se cuplează condensatoare suplimentare. Domeniul de utilizare a divizoarelor capacitiv-ohmice combinate cu capacități mare este limitat din cauza impactului puternic a rezistenței de intrare asupra sursei de tensiune [1.pag.62].

Se cunoaște de asemenea DT, care conține un braț de joasă tensiune, executat sub formă de rezistor și condensator, conectate în paralel, un ecran metalic coaxial și un braț de înaltă tensiune, executat sub formă de șir de rezistoare conectate în serie, prima ieșire a șirului este conectată la potențialul înalt, a doua ieșire este legată cu prima ieșire a brațului de joasă tensiune, cea de-a doua ieșire a acestuia este conectată la potențialul zero, iar ecranul coaxial este conectat la punctul de joncțiune al brațelor de înaltă și de joasă tensiune, totodată capacitatea condensatorului cilindric, format din șirul rezistiv al brațului de înaltă tensiune și ecranul coaxial, reprezintă capacitatea de intrare a brațului de înaltă tensiune [3]. Totuși rezistența de intrare a DT menționat prezintă o dependență de frecvență considerabilă, brațul de înaltă tensiune al DT prezintă o capacitate considerabilă pe ecran, iar în DT menționat nu este în întregime înlăturat impactul capacităților elementelor în raport cu obiectele adiacente și cu pământul. Acest lucru este în legătură cu faptul că capacitatea exterioară a ecranului în raport cu pământul și cu obiectele adiacente este conectată cu brațul de înaltă tensiune al DT. Ca urmare nu se îndeplinește condiția compensării totale a capacității brațului de înaltă tensiune al DT, deoarece în paralel cu capacitatea condensatorului brațului de joasă tensiune este cuplată capacitatea ne luată în considerație în raport cu pământul și cu obiectele adiacente. Este suficient de menționat, că la rezistența brațului de joasă tensiune egală cu 100 kΩ capacitatea ne luată în considerație de 10 pF provoacă o eroare suplimentară de măsurare de 0,03 % la frecvența de 50 Hz. Neajunsul principal al divizoarelor neecranate este sensibilitatea sporită față de oscilațiile valorii capacității în raport cu pământul.

Scopul invenției este reducerea impactului curenților de scurgere, micșorarea erorii de modul și de fază a coeficientului de divizare al DT pentru curent alternativ și semnalele de impulsuri și sporirea preciziei de transmitere a formei tensiunii de intrare.

Acest lucru se obține prin faptul, că ecranul rezistiv coaxial și brațul de înaltă tensiune sunt executate sub formă de coloană de cilindri amplasați coaxial, care prezintă posibilitatea de deplasare axială reciprocă, totodată cea de-a doua ieșire a ecranului rezistiv este conectată la cea de-a doua ieșire a brațului de înaltă tensiune prin intermediul repetoarelor de tensiune, iar ecranarea comună se realizează cu ajutorul unui ecran metalic în formă de con.

Invenția se lămurește cu ajutorul desenului (schemei), prezentat în fig. 1, în care este înfățișată:

- Fig. 1. Schema echivalentă a divizorului de înaltă tensiune.

DT cu intrarea de înaltă tensiune 1 constă din rezistoarele cilindrice 2, conectate în serie, ale brațului de înaltă tensiune, amplasate într-un ecran rezistiv cilindric coaxial și din rezistoarele cilindrice 3, conectate în serie. În desen sunt arătate capacitățile constructive 4 între rezistoarele 2 ale brațului de înaltă tensiune și rezistoarele 4 ale ecranului rezistiv. Capacitățile 5 reprezintă capacitățile de scurgere între rezistoarele 3 ale ecranului rezistiv și ecranul metalic-carcasa 6. Ambii cilindri rezistivi sunt amplasați în carcasa metalică-ecranul 6. Brațul de joasă tensiune este alcătuit din rezistorul 9 și capacitatea paralelă 8, formată din capacitatea longitudinală a rezistorului 9, capacitatea de corectare, capacitatea de intrare a repetoarelor de tensiune 11 și capacitatea constructivă 7, conectată în paralel cu aceasta, a brațului de joasă tensiune la carcasa-ecranul 13, legat la pământ. La punctul de joncțiune al brațelor de înaltă tensiune și de joasă tensiune ale DT este conectată intrarea 10 a repetoarelor de înaltă tensiune 11, a cărei ieșire 12 este conectată la capătul inferior al ecranului rezistiv 3 și care este de asemenea ieșirea comună a divizorului de înaltă tensiune.

Eroarea fazei coeficientului de divizare al DT, formată din rezistor cilindric cu înălțimea h se poate aprecia cu ajutorul relației:

$$\operatorname{tg} \varphi = \Omega R(h C_g / -C_w) \quad (1)$$

În care Ω - frecvență circulară, rad/c,

h - înălțimea a rezistorului cilindric, m,

R - rezistența a rezistorului cilindric, Ω ,

C_g - capacitatea în raport cu pământul pe unitatea de lungime, F/sm ,

C_w - capacitatea longitudinală mutuală dintre spire a rezistorului cilindric, F .

De asemenea, eroarea modului coeficientului de divizare al DT, se poate aprecia cu ajutorul relației:

$$\delta = \frac{(\omega R)^2}{2} \left[\left(h C_g / 6 \right)^2 - C \frac{2}{w} \right] \quad (2)$$

În construcția propusă capacitatea C_g a circuitului de măsurare al rezistoarelor 2 este prezentată în calitate de capacitatea totală a tuturor capacităților 4 dintre rezistoarele 2 ale brațului de înaltă tensiune și rezistoarele 3 ale ecranului rezistiv și unele părți ale capacităților 5 între rezistoarele 3 ale ecranului rezistiv și ecranul metalic-carcasa 6. Capătul superior al ecranului rezistiv 3 și capătul superior al șirului de măsurare al rezistoarelor 2 ale brațului de înaltă tensiune al DT au potențial identic, deoarece ele sunt legate împreună și se conectează la sursa de tensiune de intrare de măsurare. Capătul inferior al ecranului rezistiv 3 și capătul inferior al șirului de măsurare al rezistoarelor 2 ale brațului de înaltă tensiune al DT au de asemenea același potențial, deoarece capătul inferior al ecranului rezistiv 3 este legat cu ieșirea 12 a repetorului de tensiune 11, a cărui intrare este conectată cu capătul inferior al șirului de măsurare al rezistoarelor 2 ale brațului de înaltă tensiune al DT. În felul acesta, suprafețele cilindrice ale brațului de înaltă tensiune și ecranului rezistiv în secțiunea perpendiculară pe axă au de asemenea potențiale, care nu depind de frecvența și de tensiunea măsurată.

Deoarece valoarea curenților capacitivi de scurgere este în funcție de diferența de potențiale ale suprafețelor, între care se scurg acești curenți de scurgere, așa dar obținând egalitatea aproximativă a potențialelor (echipotențialității) suprafețelor, se reduc semnificativ curenții de scurgere, și prin urmare și eroarea coeficientului de divizare al DT.

Egalitatea potențialelor - echipotențialitatea se obține prin deplasarea relativă a brațului de înaltă tensiune 2 și ecranului rezistiv 3. Mărimea dorită a deplasării relative se determină în conformitate cu mărimea necesară de compensare a erorii de fază conform relației:

$$\delta h = k_1 \delta \varphi \quad (3)$$

În care k_1 , este coeficientul constructiv ($k_1 = (0,1 \dots 0,3)$ mm/min),

$\delta \varphi$ - mărimea necesară a compensării de fază, min.

Compensarea impactului parțial al capacităților 5 între rezistoarele 3 ale ecranului rezistiv și ecranul metalic - carcasa 6 pe eroarea coeficientului de divizare al DT atât în fază cât și în modul, se obține de asemenea prin deplasarea axială concomitentă a rezistoarelor cilindrice 2 ale brațului de înaltă tensiune și ecranului rezistiv cilindric 3 în interiorul ecranului conic - carcasa 6, datorită modificării valorii curenților de scurgere 5, provocate de modificarea diametrului ecranului conic în înălțime.

Valoarea datorită a deplasării relative se determină în conformitate cu valoarea necesară de compensare a erorii în modul conform relației:

$$\delta h_2 = k_2 \delta \delta \quad (4)$$

în care k_2 - este coeficientul constructiv ($k_2 = (5 \dots 20)$ mm / %),

$\delta \delta$ - valoarea compensării necesare a erorii coeficientului de divizare al DT în modul, %.

Această reglări permit să se aducă la zero expresia din paranteze în relația (1-2), adică în contul capacității reziduale mici C_g să se compenseze impactul capacității longitudinale C_w a rezistoarelor brațului de înaltă tensiune. Ca urmare se obține valoarea minimă a erorii de frecvență a DT.

Pentru egalizarea curenților de scurgere de pe capătul inferior și superior al ecranului rezistiv și în felul acesta pentru menținerea distribuției uniforme a tensiunii pe lungimea acestuia, adică a echipotențialității în raport cu rezistoarele de măsurare ale brațului de înaltă tensiune carcasa metalică-ecranul este executată în formă de con, astfel că capacitatea 5 de scurgere în partea superioară de înaltă tensiune a ecranului rezistiv 3 este mai mică decât capacitatea 5 de scurgere a părții inferioare a ecranului rezistiv 3. În acest scop, diametrul ecranului 6 în partea superioară este executat mai mare decât diametrul ecranului 6 în partea inferioară. Dimensiunile constructive ale diametrelor pentru ecranul cilindric în formă de con sunt alese din relația:

$$\frac{D_H}{D_L} = k \ln \frac{U_{in}}{U_{out}} = k \ln K_o \quad (5)$$

în care D_H și D_L , sunt diametrele părții superioare și, respectiv, celei inferioare ale ecranului,

U_{in} și U_{out} - tensiunea de intrare și, respectiv, cea de ieșire a DT, k - coeficientul constructiv ($k = 3 \dots 5$),

K_o - coeficientul de divizare al DT ($K_o = 350, 1100, 2200, 3300$).

În afară de egalizarea potențialelor capetelor inferioare ale brațului de înaltă tensiune al DT și ecranului rezistiv repetorul de înaltă tensiune 11 îndeplinește încă o funcție. Deoarece rezistența de ieșire a repetorului de înaltă tensiune 11 este cu mult mai mică decât rezistența brațului de înaltă tensiune al DT și constituie unități de Ω , atunci impactul capacității circuitelor de legătură 14, capacității de intrare 15 și rezistenței de intrare 16 a aparatului de măsurare exterior 17, conectat la DT, se înlătură în întregime.

DT propus prezintă o capacitate de ieșire cu mult mai mică în raport cu DT capacitiv-rezistivă. Ca exemplu, capacitatea de ieșire a DT capacitiv-ohmică poate atinge sute și mii de pF.

Capacitate de ieșire a brațului de joasă tensiune al DT propus este formată numai din capacitatea redusă 8, formată din capacitatea condensatorului de corecție, capacitatea de intrare foarte redusă a repetorului și capacitatea constructivă stabilă 7, cu mărime substanțial mai mică în raport cu capacitatea de ieșire a DT capacitiv-ohmică.

Capacitatea 8 constituie unități de pF și pentru reglarea suplimentară a erorii de fază a DT, care nu a fost în întregime înlăturată prin deplasarea relativă a brațului de înaltă tensiune și a ecranului rezistiv, se reglează cu ajutorul capacității de corectare.

În felul acesta, DT propus este în mod practic ohmic, totodată precizia coeficientului de divizare al DT sporește substanțial.

Avantajele tehnice în DT propus în comparație cu prototipul sunt următoarele:

- precizia sporită a DT datorită reducerii substanțiale a erorii de modul și de fază a coeficientului de divizare,
- precizia sporită a DT datorită reducerii substanțiale a componentei capacitive a brațelor DT,
- precizia sporită a DT datorită înlăturării impactului capacităților ne luate în considerație dintre circuitul de măsurare al DT și obiectele străine și pământul,
- precizia sporită a DT datorită înlăturării impactului cablului de racord și impedanței (capacității și rezistenței) de intrare a aparatului de măsurare.

Exemplu de realizare. A fost realizat un divizor de tensiune de $110/\sqrt{3}$ kV, care conține o coloană de rezistoare ale brațului de înaltă tensiune cu înălțimea 540 mm, diametrul 65 mm, rezistența totală de 300 MΩ. Ecranul rezistiv reprezintă o coloană de rezistoare cu diametrul 120 mm, rezistența totală de 300 MΩ. Ambii cilindri rezistivi sunt amplasați într-o carcasă metalică în formă de con - un ecran cu înălțimea 600 mm, care are diametrul inferior de ordinul a 200 mm și diametrul superior 320 mm. Eroarea coeficientului de divizare al DT la curent alternativ și frecvența 50 Hz, după ajustare prin procedeul indicat, a constituit cel mult 0,05 % în modul și cel mult 3 minute unghiulare în fază.