

UTILIZAREA SISTEMELOR DE ACHIZIȚII DE DATE PENTRU MONITORIZAREA ȘI ANALIZA SITUAȚIILOR CU PROBLEME ÎN REȚELELE ELECTRICE ÎMPĂMÂNTATE EFICIENT CONECTATE ÎN STEA

*Petrov Peter, Georgi Velev, Krassimir
Ivanov*

Universitatea Technică - Gabrovo, Bulgaria

REZUMAT: Această lucrare susține dezvoltarea capacităților sistemelor de achiziții de date, instalate în substații de putere (industriale). Sistemul de monitorizare ar putea fi folosit pentru diferite tipuri de greșeli de înregistrare, cum ar fi: agravarea rezistenței împământării, o etapă la defectele de cadre, o etapă la greșelile pământului, scurt-circuite, și sarcini ne-simetrice. Pentru fiecare caz, curentul de împământare ar putea fi definit folosind expresii analitice, sugerate mai jos, în cazul în care valoarea de rezistență a împământării este cunoscută. Atunci când curentul este cunoscut, valoarea admisă de tensiune RMS ar putea fi ușor definită.

Cuvinte cheie: sistem de achiziție de date, rezistența împământării, rețele electrice

Introducere

Sistemele de achiziții de date au fost regrupate, de asemenea, ca sisteme de arhivare pentru a putea corela cu datele obținute de către alte sisteme. În acest fel, funcția de analiză a sistemelor a fost îmbunătățită.

Pe lângă sistemul de energie electrică, sistemul de împământare este de altfel o altă problemă crucială. Asigurând securitatea și funcția de referință la nivel electric, sistemele de împământare ar putea fi de asemenea o cale majoră de zgomot și chiar ar putea induce probleme EMI (interferență electromagnetică). Astfel, trebuie avută o grijă deosebită când sistemul de împământare este construit, folosit și întreținut. În ultimii ani, multe eforturi au fost făcute pentru

UTILIZATION OF DATA ACQUISITION SYSTEMS FOR MONITORING AND ANALYSIS OF FAULT SITUATIONS IN EFFECTIVELY GROUNDED STAR-CONNECTED ELECTRICAL POWER NETWORKS

*Petrov Peter, Georgi Velev, Krassimir
Ivanov*

Technical University - Gabrovo, Bulgaria

ABSTRACT: This paper submits expanding the capabilities of DATA acquisition systems, installed in (industrial) power substations. The system for monitoring could be used for different kinds of faults registration, as an example: grounding resistance aggravation, one phase to frame faults, one phase to earth faults, short-circuits, and non-symmetrical loads. For each case, the grounding current could be defined using the analytical expressions, suggested below, when the grounding resistance value is known. When current is known, the permissible RMS voltage value could be easily defined.

Keywords: data acquisition system, grounding resistance, electrical networks

Introduction

DATA acquisition systems have been merged also as archiving systems to be able to correlate with data obtained by other systems. In that way, the analysis function of the systems has been enhanced.

Beside the electrical power system, the grounding system is another crucial issue besides. Providing the safety and electrical reference level function, the grounding systems also could be a major electrical noise path and even induce EMI (electromagnetic interference) problems. Thus, special care must be taken when the grounding system is constructed, employed and maintained. In the last years, many efforts have been made for grounding improvement.

îmbunătățirea împământării.

Actualitatea problemei

Funcția electrică de siguranță a instalațiilor de împământare constă în limitarea tensiunii admise unei persoane care contactează cu rame metalice împământate de mașini și alte echipamente electrice în cazuri de situații cu probleme (o fază la rama cu probleme sau contactul fazei conductorului cu împământare).

Actuality of the problem

The electrical safety function of the grounding installations consists of limiting the admissible voltage of a person, who contacts with grounded metal frames of machinery and other electrical equipment in cases of fault situations (one-phase to frame fault or contact of phase conductor with ground).

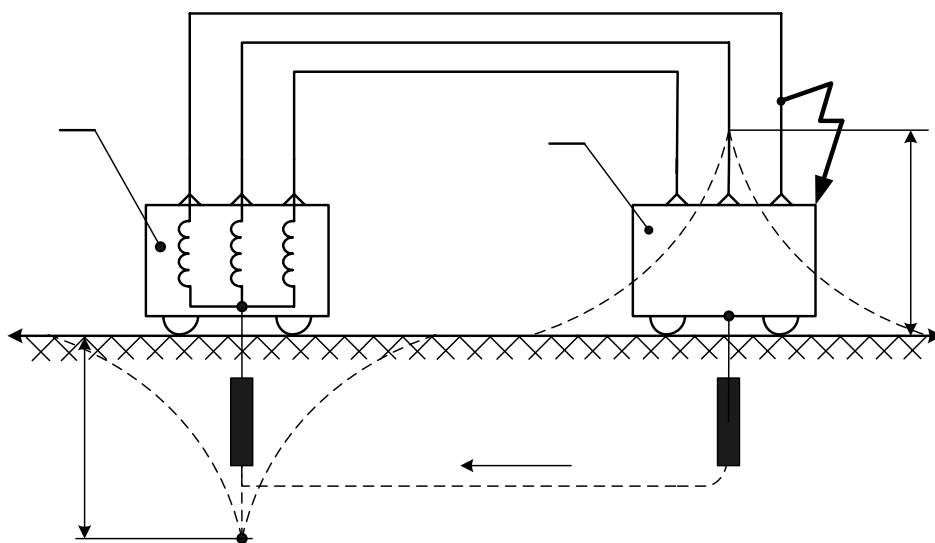


Fig. 1 O fază la rama cu probleme într-o rețea electrică împământată eficient, conectată în stea, cu tensiunea nominală peste 1kV, unde 1- putere de transformare; 2 – putere de consum

Fig. 1 One-phase to frame fault in effectively grounded star-connected electrical power networks with rated voltage above 1 kV, where 1- power transformer; 2 power consumer

Fig. 1 ilustrează distribuția potențialului electric U în zona transformatorului de alimentare cu energie – 1, și puterea de consum - 2 ca rezultat al curentului I_{gr} de împământare.

Dacă o persoană este situată în zona curentului de împământare, sunt posibile următoarele riscuri și pericole:

- Contactul cu rama metalică a unui echipament electric, situat într-un loc fix de la electrozii de lucru de împământare de lucru – R_{GR} . În acest caz, persoana în cauză este sub atingere de tensiune, lucru care ar putea fi periculos și anume:

Fig. 1 illustrates the electrical potential U distribution in the area of the power supply transformer – 1, and the power consumer- 2 as a result of the current I_{gr} flowing through earth.

If a person is situated in the current flowing to earth area, the following risks and cases of hazards are possible:

- Contact with the metal frame of an electrical equipment, situated at a fixed spot from the working grounding electrode – R_{GR} . In that case the person is under touch-voltage which could be hazardous i.e.:

$$U_T = U_{gr} - U$$

(1)

unde: U_{gr} - Potențialul electric al electrodului de împământare; U - Potențialul electric al locului fix, unde persoana a fost situată;

- Tensiunea-pas, cauzată de posibila diferență de potențial între 2 puncte în zona de curent de împământare.

Curentul de împământare și distribuția potențialelor electrice periculoase pot să apară și în următoarele cazuri:

- Faza nesimetrică încarcă sistemul de energie electrică trifazat și compensarea curentului de împământare ca un rezultat, a cărui magnitudine ar putea fi semnificativă;
- Scurt-circuit între conductori de fază, ceea ce duce la efectul de mai sus;
- Cadrul metalic, o fază către cadrul greșit (izolare întreruptă);
- Agravarea rezistenței de împământare R_{gr} , care ar putea duce la creșterea potențialului electric la o valoare periculoasă, chiar dacă compensarea curentului de împământare are o valoare admisibilă.

Cazurile specificate mai sus sunt frecvent întâlnite în practică, care este o premisă reală pentru accidente. Iată de ce problema pentru monitorizarea continuă a rețelelor electrice împământate eficient, conectate în stea este de o mare importanță. Implementarea sistemelor de achiziții de date trebuie să permită controlul neîntrerupt a valorii potențialului electric - U în locul în care instalația de împământare este montată în legătură cu cazurile periculoase comentate mai sus.

Obținerea semnalelor de diagnosticare

În funcție de tipul solului, în cazul în care electrodul de împământare este îngropat, următoarele tipuri de tije pentru împământarea electrodului sunt utilizate:

- Tija de împământare verticală a electrodului - utilizată în soluri omogene de adâncime;

$$U_T = U_{gr} - U$$

(1)

where: U_{gr} - Electrical potential of the grounding electrode; U - Electrical potential of the fixed spot, where the person has been situated;

- Step-voltage, caused by the potential difference between 2 points in the current flowing to earth area.

The current flowing to earth and the hazardous electrical potentials distribution could appear in the following cases too:

- Non-symmetrical phase loads in the three-phase electrical power system and compensation current flowing through the earth as a result, which magnitude could be significant;
- Short-circuit between phase conductors, which leads to the above effect;
- Metal frame one-phase to frame fault (insulation break-down);
- Grounding resistance R_{gr} aggravation, which could lead to increasing the electrical potential to hazardous value, even if the compensation current through earth has admissible value [1].

The cases specified above are frequently met in the practice, which is a real prerequisite for accidents. That's why the problem for continuous monitoring of effectively grounded star-connected electrical power networks is of a great importance. The implementation of DATA acquisition systems shall allow uninterrupted control of the electrical potential value - U in the place, where the grounding installation is mounted in relation with the hazardous cases commented above.

Obtaining diagnostics signals

In dependence on the soil's kind, where the grounding electrode is buried, the following kinds of grounding electrode rods are used:

- vertical grounding electrode rod - used in homogeneous in depth soils;
- horizontal grounding electrode rod -

- Tija de împământare orizontală a electrozului - utilizată în soluri cu strat îngust.

Distribuția potențialului electric la tija de împământare verticală a electrozului ar putea fi definită analitic în funcția [2]:

$$U = U_{gr} \cdot \frac{\ln \left[\frac{(\sqrt{r^2 + l_0^2} + l_0)}{(\sqrt{r^2 + l_0^2} - l_0)} \right]}{\ln \left[\frac{(\sqrt{r_0^2 + l_0^2} + l_0)}{(\sqrt{r_0^2 + l_0^2} - l_0)} \right]} \quad (2)$$

Fig. 2 arată distribuția potențialului electric a împământării tije verticale în funcție de distanța de operare - r ; $U = f(r)$ în dependență de diferite potențiale electrice ale instalației de împământare - U_{gr} ($U_{gr} = (24, 65, 100, 150, 220), V$) în caz de dimensiuni geometrice constante ale tije de împământare.

used in cases of narrow layer soils. The electrical potential distribution upon vertical grounding electrode rod could be defined analytically according [2]:

$$U = U_{gr} \cdot \frac{\ln \left[\frac{(\sqrt{r^2 + l_0^2} + l_0)}{(\sqrt{r^2 + l_0^2} - l_0)} \right]}{\ln \left[\frac{(\sqrt{r_0^2 + l_0^2} + l_0)}{(\sqrt{r_0^2 + l_0^2} - l_0)} \right]} \quad (2)$$

Fig. 2 shows the electrical potential distribution of vertical grounding rod in function with the operating distance - r ; $U = f(r)$ in dependence on different electrical potentials of the grounding installation - U_{gr} ($U_{gr} = (24, 65, 100, 150, 220), V$) in case of constant geometrical dimensions of the grounding rod.

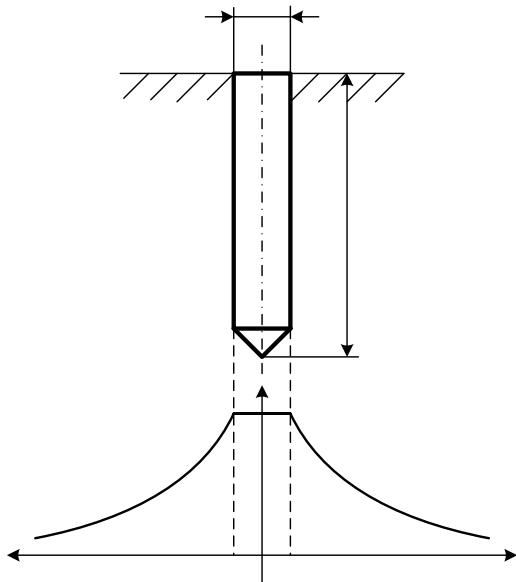


Fig.2 $U = f(r)$ pentru tija de împământare verticală

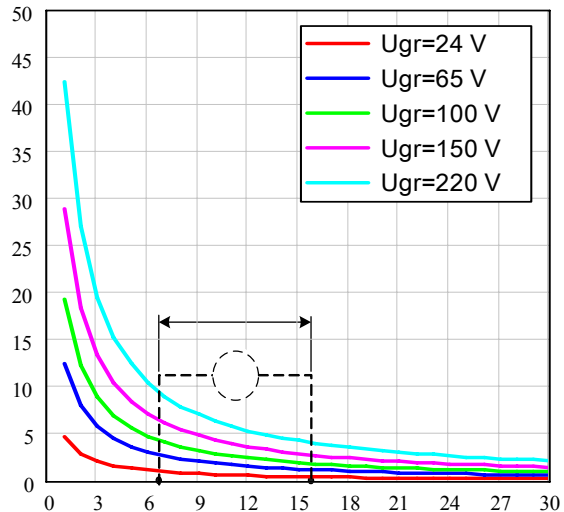


Fig.2 $U = f(r)$ for vertical grounding rod

Expresia următoare este folosită pentru definirea potențialului electric a tije de împământare orizontală [3]

The following expression is used for defining the electrical potential of horizontal grounding rod [3]

$$U = \frac{U_{gr}}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{\sqrt{l^2 + d^2} + 2 \cdot r}{\sqrt{l^2 + d^2} + 2 \cdot r - 2 \cdot l}$$

Fig.3 ilustrează dependența $U = f(r)$ pentru tija de împământare orizontală.

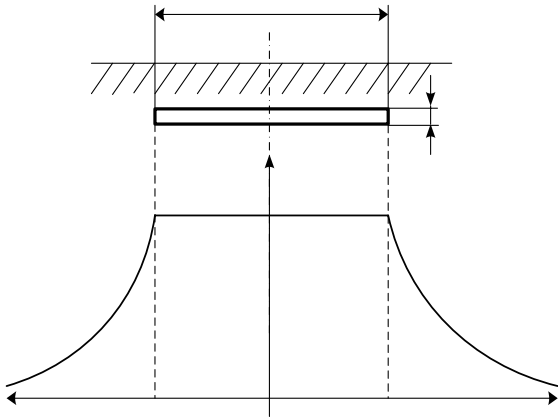


Fig. 3 $U = f(r)$ pentru tija de împământare orizontală

În practica bulgară, este folosit oțelul nichelat zinc-argintat cu o secțiune în cruce rectangulară ($a \times b$) pentru împământarea tijelor de electrod. În acest caz, în expresia (3) ar putea fi înlocuit cu diametrul echivalent, obținut din următoarea ecuație:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}} \quad (4)$$

Fig. 2 și Fig. 3 arată că, dacă ambele probe auxiliare (electrozii) “a” și “b” sunt situați la o distanță exactă de tija de electrod împământat care lucrează, un semnal de tensiune cu o valoare RMS exactă – (U_{ab}) poate fi obținut și măsurat, în dependență de potențialul electric pe electrodul împământat - U_{gr} și anume $U_{ab} = f(U_{gr})$. Valoarea RMS a U_{ab} poate fi folosită ca un semnal de intrare, aducând o informație pentru operațiunea normală sau situația greșită în rețeaua de energie electrică.

$$U = \frac{U_{gr}}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{\sqrt{l^2 + d^2} + 2 \cdot r}{\sqrt{l^2 + d^2} + 2 \cdot r - 2 \cdot l}$$

Fig.3 illustrates the dependence $U = f(r)$ for horizontal grounding rod.

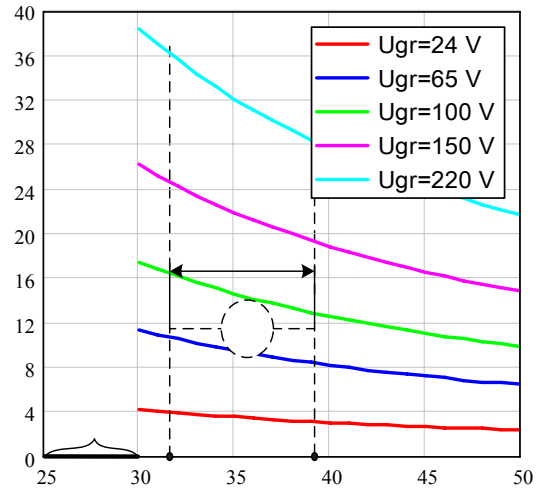


Fig. 3 $U = f(r)$ for horizontal grounding rod

In the Bulgarian practice zinc-plated steel busbars with a rectangular cross-section ($a \times b$) for grounding electrode rods is used. In that case, in expression (3) could be substituted with the equivalent diameter, obtained from the following equation:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}} \quad (4)$$

Fig. 2 and Fig. 3 shows, that if both auxiliary probes (electrodes) “a” and “b” are situated at certain distance from the working grounding electrode rod, a voltage signal with certain RMS value – (U_{ab}) could be obtained and measured, in dependence on the electrical potential upon the grounding electrode - U_{gr} i.e. $U_{ab} = f(U_{gr})$. The RMS value of U_{ab} could be used, as an input signal, bringing an information for normal operation or fault situation in the electrical power network.

Definiția practică a valorii standardizate a U_{ab} (în condiții normale de lucru) în cazul unei locații exacte a electrozilor auxiliari.

Valoarea rezistenței de împământare R_{gr} a fost reglementată normativ pentru caz concret [1]. Această valoare este controlată anual. Valoarea tensiunii de atingere admisă U_T este de asemenea reglementată normativ [1]. (Valoarea RMS a U_T nu trebuie să depășească 65 V la frecvența de sistem stabilită $f = 50Hz$ și 24 V pentru copii și animale domestice). Conform celor de mai sus, curentul care trece prin electorul de lucru împământat - I_{gr} ar putea fi definit:

$$I_{gr} = \frac{U_T}{R_{gr}} \quad (5)$$

Valoarea limită a U_{ab} poate fi obținută ca în schema electrică afișată în Fig. 4, unde I_{gr} este definit la (5). Valoarea lui I_{gr} este ajustată în funcție de poziția reostatului R. Este necesar ca valoarea rezistenței de instalare a împământării R_{gr} să fie definită în avans pentru o calculare exactă a I_{gr} în caz concret.

Practical definition of the standardized value of U_{ab} (in normal working conditions) in case of concrete location of the auxiliary electrodes.

The grounding resistance value R_{gr} has been normatively regulated for the concrete case [1]. This value is controlled annually. The admissible touch-voltage value U_T is normatively regulated too [1]. (The RMS value of U_T must not exceed 65 V at rated system frequency $f = 50Hz$, and 24 V for children and domestic animals). According to above, the current flowing through the working grounding electrode - I_{gr} could be defined:

$$I_{gr} = \frac{U_T}{R_{gr}} \quad (5)$$

Boundary value of U_{ab} could be obtained by the wiring diagram shown at Fig. 4, where I_{gr} is defined from (5). The value of I_{gr} is adjusted depending on the R rheostat's position. It is necessary the grounding installation resistance R_{gr} to be defined in advance for precise calculation of I_{gr} in the concrete case.

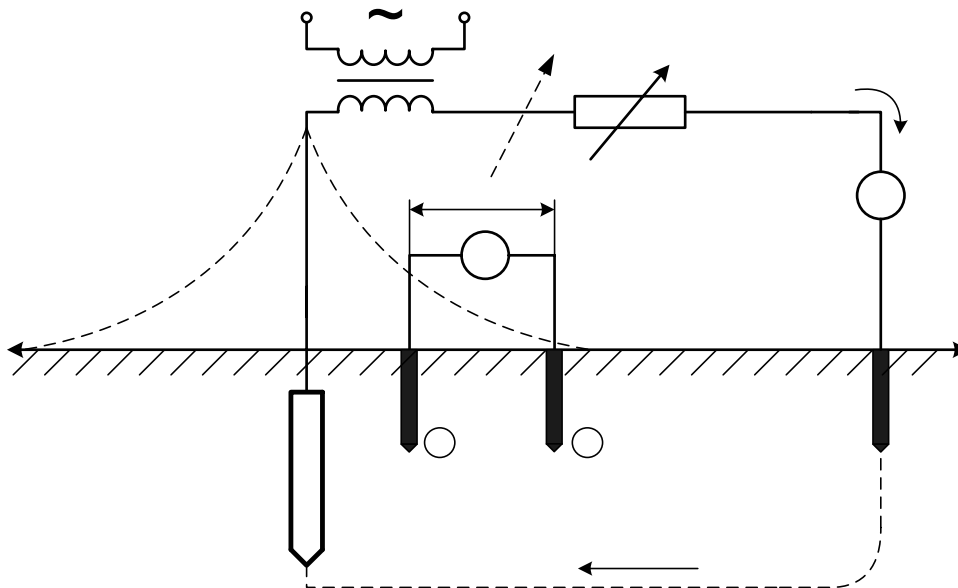


Fig.4. Schema de conexiuni pentru definirea valorii limitei U_{ab} dacă I_{gr} este cunoscut

Fig.4. Wiring diagram for defining the boundary U_{ab} value if I_{gr} is known

Dacă $R_{gr} < R_{grR}$ (R_{grR} - valoarea rezistenței de împământare reglementată normativ), valoarea cea mai mare adică R_{grR} este luată în considerare în ecuația (5) pentru a obține I_{gr} . Dacă R_{gr} este luat, valoarea limită a U_{ab} este minimizată, ceea ce nu este recomandat.

Câteva măsurători trebuie să fie făcute cu diferite locații de electrozi auxiliari "a" și "b" în raport cu împământarea electrodului de lucru. În acest fel, locul optim al electrozilor auxiliari este definit în vederea atingerii valorii maxime RMS pentru U_{ab} .

În ceea ce privește măsurile de siguranță electrică, trebuie să fie folosit un transformator pas-jos împărțit galvanic cu tensiunea secundară până la 65 V și frecvența de sistem $f = 50\text{Hz}$.

Valorile limită ale U_{ab} sunt definite prin citirea voltmetrului. Reostatul "R" este folosit pentru a ajusta I_{gr} în funcție de [5];

Realizarea sistemului pentru monitorizarea împământării

Pentru realizarea sistemului de monitorizare pentru analiza situațiilor de greșeli în instalațiile de împământare, ne propunem utilizarea releelor de înaltă tensiune (de tip ABB REF541, LFZR-100 - GEC ALSTHOM și altele) și multimetre de energie electrică, ce sunt utilizate pentru controlul, măsurătorile și monitorizarea rețelelor electrice de înaltă tensiune.

Concluzii:

Monitorizarea sistemului permite înregistrarea următoarelor situații greșite:

- Schimbarea în timp a rezistenței electrodului de lucru de împământare și anume cazul $R_{gr} > R_{grR}$;
- Greșeala echipamentelor electrice cu o fază la cadru (izolare întreruptă);
- Greșeala la împământare a conductorului de fază;
- Scurt circuit între conductorii de fază;

If $R_{gr} < R_{grR}$ (R_{grR} - normatively regulated grounding resistance value), the higher value i.e. R_{grR} is taken into consideration in equation (5) for obtaining I_{gr} . If R_{gr} is taken, the boundary value of U_{ab} is lowered, which is not advisable.

A few measurements have to be done with different locations of the auxiliary electrodes "a" and "b" in relation to the working grounding electrode. In that way, the optimal place of the auxiliary electrodes is defined in order achieving maximal RMS value for U_{ab} .

In terms of electrical safety precautions, a step-down galvanic-dividing transformer with rated secondary voltage up to 65 V and system frequency $f = 50\text{Hz}$ has to be used.

The boundary values of U_{ab} are defined by the reading of the voltmeter. The "R" rheostat is used to adjust I_{gr} according to [5];

Realization of the system for grounding monitoring

For realization of the monitoring system for analysis of fault situations in grounding installations, we propose the usage of high-voltage relays (type ABB REF541, LFZR-100 – GEC ALSTHOM and others) and electric power multimeters, which are used for control, measurements and monitoring of High-voltage electrical power networks.

Conclusions:

The monitoring system allows registration of the following fault situations:

- Change in time of the working grounding electrode's resistance i.e. the case $R_{gr} > R_{grR}$;
- Electrical equipment's 1 phase-to-frame fault (insulation break-down);
- fault to earth of a phase conductor;
- short-circuit between phase conductors;
- non-symmetrical loads;

The expression for I_{gr} could be defined analytically, for each of these cases in order

- Sarcini nesimetrice;

Expresia pentru I_{gr} poate fi definită analitic, pentru fiecare din cazurile acestea pentru a defini experimental U_{ab} , unde valoarea R_{gr} este știută.

Bibliografie:

1. Mladenov, T. și co-autori – Manual pentru condiții de sănătate și siguranță a muncii, tipografia ”Work and law”, Sofia 2005 (Bulgarian)
2. Burgsdorf, V. V, A. I. Jakobs-Instalații electrice de împământare, Energoatomizdat, Moscow, 1987(Russian);
3. Anev G., I. Danev – Siguranță electrică în mine de exterior și industrie, Makra, Radnevo, 1996(Bulgarian);

to experimentally define U_{ab} , when the R_{gr} value is known.

Bibliography:

1. Mladenov, T. and co-authors – Handbook for healthful and safe conditions of work, publish house-”Work and law ”, Sofia 2005(Bulgarian)
2. Burgsdorf, V. V, A. I. Jakobs-Electrical grounding installations, Energoatomizdat, Moscow, 1987(Russian);
3. Anev G., I. Danev – Electrical safety in outdoor mines and the industry, Makra, Radnevo, 1996(Bulgarian);