

## ELEMENTE DE PROTECȚIA MUNCII ȘI TEHNICA SECURITĂȚII ÎN INSTALAȚII ELECTRICE

În instituțiile de învățământ din România protecția muncii și sănătății este reglementată de Legea nr. 319 din 14 iulie 2006 - Legea securității și sănătății în muncă.

Normele metodologice de aplicare a prevederilor Legii securității și sănătății în muncă nr. 319/2006, aprobate prin Hotărârea Guvernului (HG) nr. 1.425/2006, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 882 din 30 octombrie 2006, au fost modificate și completate prin **HG nr. 955/27.09.2010**.

Principalele tipuri de accidente ce pot avea loc în laboratoarele cu instalații electrice sunt: **electrocutările și arsurile electrice**.

### 1. Cauzele producerii accidentelor electrice

**Electrocutările** se produc:

a) **prin atingere directă**, în care o parte a organismului intră în contact direct cu părțile conductoare aflate sub tensiune, cu elemente ale instalațiilor electrice scoase de sub tensiune, însă rămase încărcate cu sarcini electrice datorită capacităților (care nu sunt descărcate după deconectare) sau cu elementele instalațiilor electrice scoase de sub tensiune, dar aflate sub o tensiune indusă pe cale electromagnetică sau electrostatică de alte instalații aflate sub tensiune (prin omiterea legării la pământ a elementelor deconectate).

b) **prin atingere indirectă**, în care contactul se face cu elemente ale instalațiilor electrice care normal nu sunt sub tensiune (carcase, suporturi metalice), dar care pot ajunge sub tensiune din cauza unui defect (deteriorare a izolației, conturare, desprindere de conductoare), elemente ale altor categorii de instalații, intrate sub tensiune datorită unor influențe electromagnetice sau electrostatice.

c) **prin tensiunea de pas**, la care electrocutarea apare ca urmare a contactului cu două puncte de pe sol aflate la potențiale electrice diferite ca urmare a scurgerii prin pământ a unui curent (figura 1).

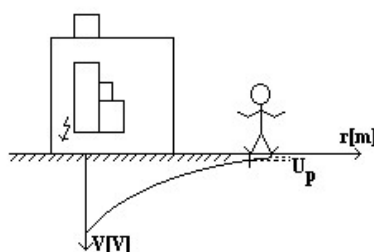


Fig. 1. Apariția electrocutării din cauza tensiunii de pas

**Arsurile electrice** se produc în diverse situații de scurtcircuit, la înlocuirea siguranțelor în timp ce în rețea există un defect care n-a fost înlăturat, la deconectarea separatoarelor aflate sub sarcină etc.

Arsurile electrice se produc pe de o parte din cauza temperaturii provocate de căldura mare dezvoltată de arcul electric, iar pe de altă parte din cauza curentului de intensitate mare, care trece prin corp.

### 2. Efectele fiziologice ale curentului electric asupra organismului

La trecerea curentului electric printr-un organism viu pot să apară următoarele efecte fiziologice:

- șocuri electrice;

- electrotraumatisme (arsuri și metalizări ale pielii);
- paralizia mușchilor periferici;
- fibrilația mușchiului cardiac.

Efectele fiziologice ale curentului depind de intensitatea, frecvența, durata și traseul curentului electric prin corp.

Șocurile electrice sau electrocutările sunt cauzate de acțiunea curentului electric asupra sistemului nervos și asupra organelor interne și se manifestă prin zguduiți sau comoții, pierderea cunoștinței, pierderea temporară a auzului și a vocii, fibrilația sau oprirea inimii.

Electrotraumatismele constau în arsuri și metalizări ale pielii, adică pătrunderea în tegument a metalului topit.

*Fibrilația reprezintă pulsația inimii cu 300÷400 bătăi/minut, ceea ce determină inima să nu-și mai îndeplinească rolul de pompă de vehiculare a sângelui la nivelul plămânilor și astfel se produce moartea prin sufocare.*

Limita maximă a intensității curenților nepericuloși este de **10mA** pentru **curentul alternativ** de frecvență industrială (50 Hz) și de **50mA** pentru **curent continuu**. Un curent alternativ de peste 50mA, care trece prin organism un timp mai mare de 0,1-0,2s poate provoca un accident mortal

Curentul continuu în gama 1÷3mA<sub>cc</sub> nu este periculos pentru organism, în gama 10÷15mA<sub>cc</sub> provoacă paralizia mușchilor periferici, în gama 25÷50mA<sub>cc</sub> provoacă paralizia mușchilor toracelui cu senzația de sufocare și în unele cazuri chiar fibrilația mușchiului cardiac.

Curenții mai mari de 50mA, provoacă fibrilația mușchiului cardiac și dacă nu se intervine la timp pentru acordarea primului ajutor se produce moartea prin electrocutare.

Curentul alternativ având frecvența de 40÷60Hz este cel mai periculos, din cauză că la aceste frecvențe se produc convulsii care fac ca persoana să nu se mai poată elibera de sub acțiunea curentului de valori relativ mici.

La frecvențe mai mari de 400KHz nu se mai produc șocuri, însă efectele se manifestă sub forma arsurilor.

Dacă durata de trecere a curentului este mai mică de 0,1÷0,2s, orice valoare a intensității curentului este nepericuloasă. Aceasta deoarece fibrilația mușchiului cardiac se produce dacă se acoperă toată zona critică de 0,15s din ciclul cardiac ce este de 0,75s. Deci se poate evita moartea prin electrocutare dacă există dispozitive de protecție ultrarapide.

Valoarea curentului electric I, care trece prin corp depinde de tensiunea electrică U, la care este supus corpul și rezistența totală a corpului omenesc R<sub>h</sub>.

$$I = \frac{U}{R_h} \quad (1)$$

Rezistența totală a corpului este suma rezistenței de contact la intrarea curentului, rezistența organismului și rezistenței de contact la ieșirea curentului. Rezistența corpului este datorată în cea mai mare parte pielii.

Rezistența R<sub>h</sub> este diferită pentru fiecare persoană pe de o parte și variază la aceeași persoană în anumite condiții, pe de altă parte.

Dacă pielea este intactă și uscată, R<sub>h</sub> = 40.000 ÷ 100.000Ω

Dacă pielea este umedă, R<sub>h</sub> = 600 ÷ 1.000Ω, iar la înlăturarea epidermei sau străpungerea acesteia (în cazul în care U > 60÷100 V), R<sub>h</sub> devine 200Ω.

La verificarea eficacității măsurilor de protecție se consideră rezistența omului R<sub>h</sub> = 3.000 Ω, în cazul atingerilor indirecte și R<sub>h</sub> = 1.000Ω în cazul atingerilor directe.

Rezistența de contact depinde de felul încăperii, astfel se disting :  
- încăperi foarte periculoase (umiditatea aerului este peste 97%, medii corozive, temperatura ambiantă peste 35°C) ;

- încăperi periculoase (pardoseala este bună conducătoare de electricitate, de genul plăci metalice, pământ, beton, mediu ambiant cu temperatura între 25-35°C, umiditatea relativă între 75-97%);
- încăperi puțin periculoase (încăperi uscate, cu pardoseală din materiale electroizolante).

### 3. Determinarea curentului electric ce trece prin corp

Valoarea curentului electric care trece prin corp la atingerea unui element aflat sub tensiune depinde de tipul rețelei la care este racordat elementul respectiv.

Valoarea maximă a curentului se obține atunci când se ating concomitent două elemente cu tensiuni diferite, deoarece atunci intervine doar rezistența corpului.

Se consideră o rețea trifazată legată la pământ, adică o rețea care are punctul neutru al sursei de alimentare legat la pământ printr-o priză de pământ de exploatare.

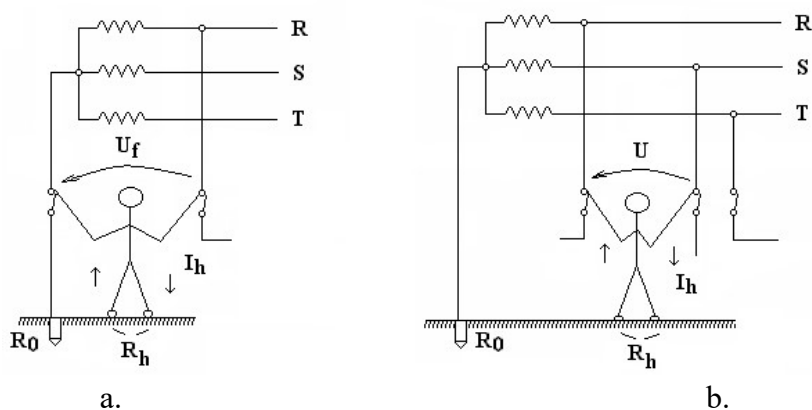


Fig.2. Atingerea unei tensiuni de fază(a) sau a unei tensiuni de linie (b)

Ex: pentru rețeaua trifazată 230/400 V, la frecvența de 50 Hz

$$I_h = \frac{U_f}{R_h} = \frac{230}{1000} = 230 \text{ mA} \gg 10 \text{ mA}$$

sau

$$I_h = \frac{U}{R_h} = \frac{400}{1000} = 400 \text{ mA} \gg 10 \text{ mA}$$

La atingerea unui singur element aflat sub tensiune pe de o parte apare tensiunea față de pământ, care este mai mică decât tensiunea între faze, iar pe de altă parte intervine și rezistența de punere la pământ.

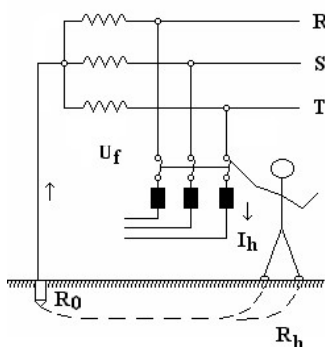


Fig. 3.

Măsurile de protecție sunt diferite pentru rețelele de joasă tensiune și de înaltă tensiune. Se consideră rețele de joasă tensiune acele rețele pentru care tensiunea dintre o fază și nul este de până la 250V sau acele rețele cu tensiunea între fază și nul de până la 1000V, dar care au neutrul izolat față de pământ.

### Rețelele cu neutrul legat la pământ

Rețelele trifazate legate la pământ au punctul neutru al sursei de alimentare legat la pământ printr-o priză de pământ de exploatare. Punctul neutru legat la pământ se numește punct de nul sau nulul rețelei.

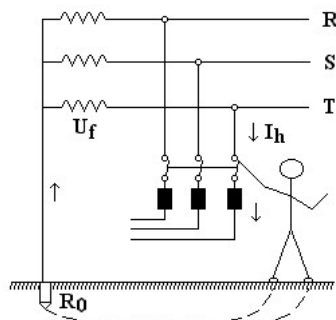


Fig. 4. Atingerea unui element conductor al unei rețele trifazate cu neutrul legat la pământ

La atingerea unei faze, curentul care se scurge prin om, prin pământ și prin priza rezistenței de exploatare  $R_0$  este:

$$I_h = \frac{U_f}{R_h + R_0} \quad (2)$$

Dar  $R_0 \leq 4\Omega$ , iar  $R_h = 1000\Omega$  rezultă că

$$I_h = \frac{U_f}{R_h} = \frac{U}{\sqrt{3}R_h} \quad (3)$$

Deci, chiar dacă tensiunea este mică, curentul care se stabilește poate fi mortal. Din această cauză este necesar să se folosească echipamente de protecție.

### Rețele cu neutrul izolat față de pământ

La atingerea unei faze a rețelei izolate, curentul se închide prin om, prin pământ și prin rezistențele de izolație față de pământ. Într-o rețea trifazată cu neutrul izolat față de pământ sarcinile pe cele trei faze sunt echilibrate, iar diferența de potențial între punctul neutru și pământ este egală cu zero.

Dacă un om va atinge o fază într-o porțiune neizolată, rețeaua se va dezechilibra și punctul neutru se va afla la un potențial  $U_0$  față de pământ.

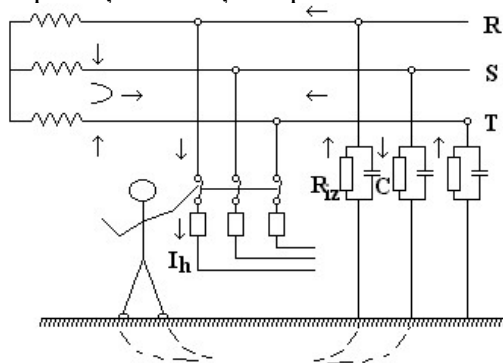


Fig. 5. Atingerea unui element conductor al unei rețele izolate  
Curentul rezultat care se închide prin rezistențele de izolație va fi:

$$I = \frac{\sqrt{3}U}{3R_h + R_{iz}} \quad (4)$$

Considerând că limita curentului nepericulos este  $I_h = 0,01A$ , pentru a fi evitat pericolul de electrocutare trebuie ca rezistența de izolație față de pământ a fiecărei faze să fie  $R_{iz} \geq 63.000\Omega$ .

Se observă că, în cazul rețelelor izolate, intensitatea curentului ce trece prin om poate fi limitată la valori nepericuloase, dacă rezistența de izolație a rețelei se menține la valori corespunzătoare. Din acest motiv rețelele izolate se folosesc acolo unde pericolul de electrocutare este mare.

### **Descărcări capacitive**

Atingerea directă a unor elemente care fac parte din circuitele curenților de lucru poate fi periculoasă, chiar dacă elementele respective sunt scoase de sub tensiune în momentul atingerii.

Valoarea tensiunii reziduale  $U_0$  în instalațiile de curent continuu este egală cu tensiunea rețelei, iar în instalațiile de curent alternativ depinde de procesul tranzitoriu de deconectare, putând atinge chiar valori egale cu dublul valorii maxime a tensiunii.

Dacă un om este izolat față de pământ și atinge două conductoare aflate la tensiunea reziduală  $U_0$ , curentul care se închide prin corp are valoarea :

$$I_h = \frac{U_0}{R_h} \cdot e^{-\frac{t}{R_h C}} \quad (5)$$

unde C este capacitatea între cele două conductoare.

Se observă că înainte de a lucra cu elemente conductoare, nu este suficientă numai deconectarea lor, fiind necesară scurtcircuitarea și legarea lor la pământ, astfel să se descarce rețeaua de sarcinile electrice remanente.

## **4. Măsurile de protecție**

### **a) La atingerea directă:**

- construirea utilajelor astfel încât elementele de sub tensiune să nu fie accesibile atingerii întâmplătoare;
- folosirea de tensiuni reduse;
- folosirea de covoare electroizolante;
- folosirea de mijloace individuale de protecție, mănuși, cizme de protecție;
- folosirea de indicatoare de avertizare, interdicere și informare (de genul : “Sub tensiune. Pericol de electrocutare!!”);
- limitarea influențelor electrostatice și electromagnetice.

### **b) La atingerea indirectă**

Se poate discuta de mai multe tipuri de protecție: prin legare la pământ, prin legare la nul, prin deconectarea automată la tensiunea de atingere.

#### **4.1. Protecția prin legare la pământ**

Protecția prin legare la pământ este o metodă de protecție des întâlnită în practică, pentru evitarea pericolului de electrocutare prin atingeri indirecte, datorită simplității constructive și prețului de cost scăzut.

Se consideră o rețea trifazată cu neutrul legat la pământ printr-o priză de exploatare. De la această rețea se consideră alimentat un consumator (motor trifazat de c.a.). Dacă carcasa metalică a echipamentului electric este legată la pământ, la un defect de izolație față de carcasă, curentul de defect se închide prin rezistența prizei de pământ și rezistența prizei de exploatare.

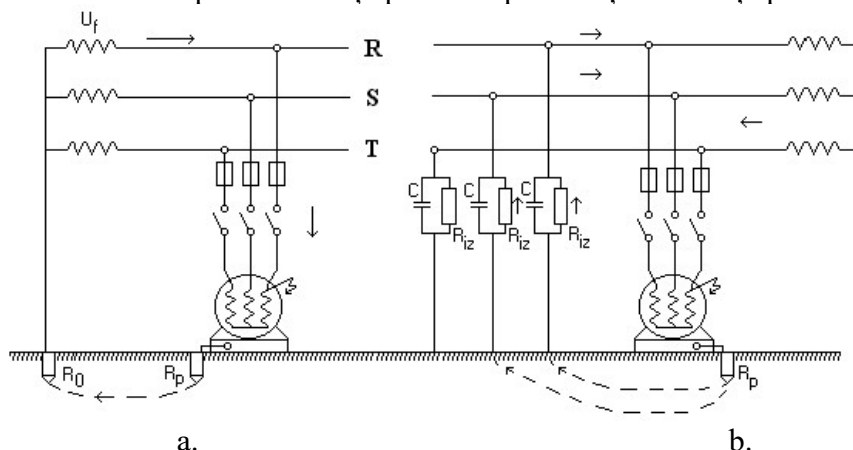


Fig.6. Circuitul curenților de defect în cazul legării carcaselor echipamentelor la pământ  
a. rețea cu neutrul legat la pământ; rețea cu neutrul izolat

Pentru ca intensitatea curentului de defect să treacă prin  $R_p$  și nu prin  $R_h$  se impune ca  $R_p < 4\Omega$ .

Legarea la pământ se face printr-un conductor izolat și printr-un țăruș de diametru  $d = 50\text{mm}$  și o lungime  $l = (1500 \div 2500)\text{ mm}$ , deoarece se consideră că la o asemenea adâncime în pământ umiditatea este persistentă asigurând o rezistență foarte mică.

În cazul în care un om se află pe carcasa utilajului electric și cu picioarele la un potențial nul, știind că rezistența prizei de pământ este mult mai mică decât rezistența corpului, tensiunea de atingere este determinată de curentul de defect  $I_{sc}$  și rezistența legăturii la pământ  $R_p$ .

$$U_a = I_{sc} R_p \quad (6)$$

Tensiunea de atingere  $U$  are valori în gama 24-65V.

#### **Observații:**

O priza bună de pământ, conform reglementarilor, trebuie să aibă o rezistență măsurată de maxim 4 Ohmi.

Există locuri unde și această valoare este prea mare, acolo unde valoarea maximă pentru rezistența prizelor de pământ nu trebuie să depășească 0.2 Ohmi.

#### **4.2. Protecția prin legare la nul**

Protecția prin legare la nul este cea mai răspândită în practică și se aplică la rețelele trifazate cu neutrul sursei de alimentare legat la priza de pământ.

În cazul rețelilor trifazate cu neutrul legat la pământ se poate realiza protecția prin legarea nulului de protecție de la carcasă la nulul de lucru.

Legarea carcasei echipamentului electric prin intermediul nulului de protecție la nulul de lucru are ca urmare, în cazul unui defect de izolație, producerea unui scurtcircuit între faza defectă și nulul rețelei. Curentul de scurtcircuit trebuie să topească fuzibilul siguranței sau să determine declanșarea întreruptorului automat care protejează sectorul defect (deci conductorul de nul de protecție trebuie să aibă o secțiune suficient de mare pentru a suporta acel curent).

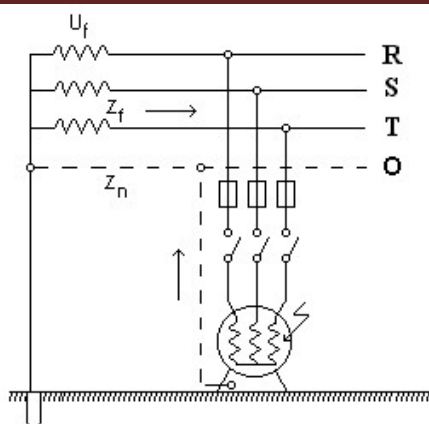


Fig.7. Schema de protecție prin legare la nul

$$\underline{I}_{sc} = \frac{\underline{U}_f}{\underline{Z}_f + \underline{Z}_n}, \quad (7)$$

în care  $\underline{U}_f$  este tensiunea fazei defecte

$\underline{Z}_f$  este impedanța conductelor fazei defecte, de la sursă până la locul defectului

$\underline{Z}_n$  este impedanța conductorului de nul prin care se închide curentul de defect.

Se folosește platbandă zincată, care din motive de protecție suplimentară (în cazul când conductorul s-ar întrerupe) se leagă în anumite puncte la instalația prizei de pământ, creându-se astfel căi suplimentare de trecere a curenților de defect.

La receptoarele monofazate nu se va lega conductorul de nul la carcasă, deoarece în cazul întreruperii accidentale a acestuia, carcasa primește tensiunea fazei prin receptor. Din acest motiv conductorul de nul de protecție va fi diferit de conductorul de nul de lucru.

Pentru protecția receptoarelor trifazate se folosește dubla protecție prin legarea la pământ și legarea la nul.

În laborator poate avea loc electrocutarea numai prin atingere directă. În acest sens montajele vor fi efectuate de la receptor către sursă, ultima etapă fiind cea de conectare la tensiune.

#### **4.3. Protecția prin deconectare automată la tensiunea de atingere**

Această protecție se aplică atât în rețelele cu neutrul izolat, cât și în cele cu neutru legat la pământ.

Între carcasa echipamentului protejat și pământ se conectează un releu de tensiune, prin intermediul unei prize de pământ auxiliare (figura 8).

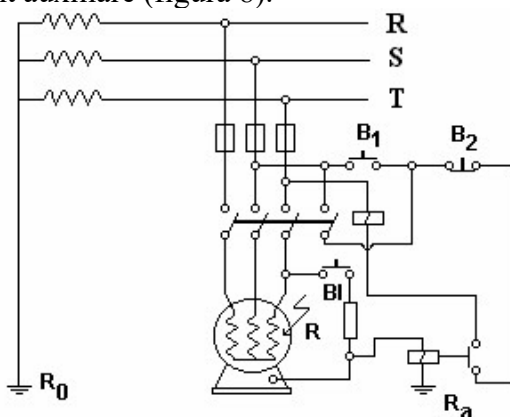


Fig.8. Schema de principiu a protecției automate prin tensiunea de atingere

La apariția unei tensiuni de atingere periculoasă, releul de tensiune acționează asupra întrerupătorului automat al receptorului.

#### 4.4. Protecția prin deconectarea automată la curent de defect

Acest tip de protecție se poate aplica rețelelor cu neutrul izolat sau pus la pământ.

Protecția se realizează cu un releu de curent alimentat de un transformator homopolar, cu trei transformatoare de curent montate în paralel sau cu un transformator de curent montat pe conductorul de nul (figura 9).

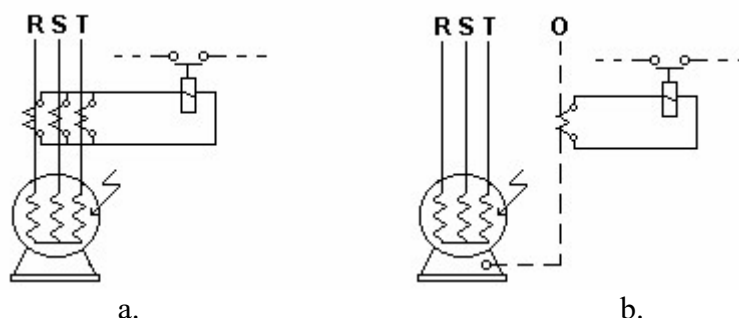


Fig.9. Schema de principiu a protecției automate prin curent de defect:

- a. cu trei transformatoare de curent în paralel;
- b. cu un transformator de curent pe conductorul de nul de protecție.

### ANEXĂ

#### Măsuri de prim ajutor în caz de electrocutare

Primul ajutor constă în scoaterea accidentatului de sub tensiune și începerea reanimării respiratorii și cardiace.

##### Scoaterea accidentatului de sub tensiune

a) în cazul instalațiilor de joasă tensiune:

- se scot siguranțele de la tabloul de distribuție sau de la întrerupătorul principal;
- dacă accidentul s-a produs din cauza ruperii unui fir aerian, acesta poate fi îndepărtat prin interpunerea unei izolații improvizate (o haină, o bucată de lemn uscat) sau poate fi tăiată cu ajutorul unui topor cu coadă de lemn.

b) în cazul instalațiilor de înaltă tensiune:

- se întrerupe alimentarea rețelei de la întrerupătorul principal;
- pentru liniile aeriene se poate realiza un scurtcircuit cu ajutorul unui fir conductor neizolat legat la pământ printr-o tijă metalică.

După ce s-a asigurat întreruperea tensiunii, accidentatul se scoate din zona periculoasă. Apoi se urmează una dintre variantele:

- **Dacă pacientul este conștient:** se poziționează pe o parte, se învelește cu o pătură sau cu folia termoizolantă din trusa de prim-ajutor, se pansează steril arsurile cutanate și se imobilizează fracturile după care se transportă la cea mai apropiată unitate spitalicească pentru evaluare și continuarea terapiei;
- **Dacă pacientul este inconștient și prezintă lipsa respirației spontane și a pulsului la carotide** se începe **resuscitarea cardio-respiratorie:** masaj cardiac extern și respirație gură la gură, care nu se va întrerupe până la sosirea unui echipaj dotat cu echipament corespunzător pentru susținerea funcțiilor vitale (ambulanța de reanimare).



- **Dacă pacientul prezintă respirație spontană și puls**, se poziționează pe o parte sau în poziția laterală de securitate și se supraveghează tot timpul activitatea respiratorie și cardiacă.

#### ***Reanimarea în caz de electrocutare***

Statisticile accidentelor de electrocutare în care s-au produs fenomenele de fibrilație și stop respirator dovedesc că primul ajutor este eficient numai dacă este acordat în primele 8 minute de la producerea lui.

Mai mult, dacă reanimarea nu se poate realiza în primele 5 minute de la producerea accidentului se constată apariția unui fenomen de necrozare la nivelul scoarței cerebrale care conduce la distrugerea ireversibilă a unor centri nervoși însoțită, foarte frecvent, de instalarea unei invalidități permanente.

Prin urmare, într-un interval atât de scurt este exclusă temporizarea creată de transportarea accidentatului la o unitate sanitară. De aceea, primul ajutor trebuie acordat de persoanele care sunt prezente în momentul accidentului, indiferent de pregătire.

Se începe cu reanimarea respiratorie prin procedeul gură la gură și gura la nas. Metoda este simplă însă ea trebuie făcută corect, respectând pe cât posibil etapele următoare:

- se descleștează gura accidentatului fără a-i provoca traumatisme și se așază o pernă improvizată sub ceafă;
- se începe cu degajarea căilor aeriene superioare și cu o batistă curată se curăță eventualele mucozități;
- se acoperă gura cu o batistă curată sau cu un tifon;
- se strâng ușor nările cu o mână;
- se insuflă aer prin batista curată în plămâni accidentatului;
- se întrerupe insuflarea și aerul este expirat din plămâni fără intervenția salvatorului;
- ritmul de insuflare este de 15 - 20 ori pe minut;

După câteva insuflări-expirări se trece la reanimarea cardiacă:

- se așază mâinile una peste alta, în cruce, pe capătul sternului și se apasă până când acesta se comprimă cu 3 - 4 cm. Ritmul apăsării este de 60 de ori/minut pentru un adult, iar dacă accidentatul este un copil, de 80 – 100 de ori/minut;
- se reia respirația artificială alternată cu masajul cardiac extern și anume: la o respirație se fac 6-8 apăsări pe stern.

În cursul manevrelor de reanimare victima poate să-și revină și apoi să-și piardă din nou cunoștința.

Când nu este posibil transportul imediat la spital se vor administra soluții saline 5% (bicarbonat de sodiu - o linguriță la 250 ml de ceai) și se continuă cu perseverență respirația artificială alternată cu masajul cardiac extern până la revenirea la viață.

În timpul reanimării și după aceea, accidentatul trebuie acoperit cu pleduri sub care se introduc sticle cu apă caldă. De asemenea s-a dovedit foarte util masajul mâinilor și al picioarelor mai ales după revenirea la viață.

**Important de reținut:** În general tensiunile mari produc arsuri iar intensitățile mari produc tulburări cardiace/neurologice;

Arsurile prin arc electric se tratează ca cele termice. Arsurile interne urmează în general traiectele vasculo-nervoase și nu pot fi evaluate ca și consecințe imediat;

Trăsnetul asociază întotdeauna electrizare, arsură termică, traumatism sifototraumatism ("arsura" retinei prin intensitate luminoasă foarte mare);

Este o greșeală ca un pacient electrocutat să fie lăsat la locul accidentului sau lăsat să plece la domiciliu fără o evaluare completă într-o unitate spitalicească.