

Загальні питання техніки безпеки. Основи електробезпеки.

Електроенергія отримала широке розповсюдження у всіх галузях промисловості. Сучасне виробниче обладнання - станки, машини та механізми - комплектуються електричними двигунами та нагріваючими пристроями. В широких масштабах впроваджується ручний електричний інструмент. Електроенергія застосовується при зварці, освітленні та в інших цілях. Всі працюючі в тій чи іншій мірі пов'язані з електроенергією. При невмілому поводженні або при недодержанні встановлених вимог, електричний струм являє собою серйозну небезпеку. Небезпека ураження електричним струмом специфічна, оскільки він не сприймається органами відчуття людини: зором, слухом .

Серед загальної кількості виробничих нещасних випадків електротравми складають всього 0.5 ... 1%. Однак серед випадків із смертельним наслідком до 40%. При цьому 60...85% смертельних уражень електричним струмом відібувається електроустановках напругою до 1000 В(220...380), які найбільш поширені на підприємствах і в побуті.

Ми будемо розглядати вимоги безпеки, які відносяться до електроустановок напругою до 1000В включно.

4.1. Дія електричного струму на організм людини та основні види уражень.

Дія електричного струму на організм людини має багатогранний характер. Проходячи через тіло людини електричний струм здійснює термічний, електролітичний та біологічний вплив на різні системи організму. При цьому виникають порушення діяльності життєво важливих органів людини: мозку, серця, легенів.

Термічна дія струму проявляється в опіках окремих частин тіла.

Електролітична дія струму полягає в розкладі крові та інших органічних рідин організму і викликає значні спотворення їх фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму проявляється як подразнення та збудження живих тканин організму, що супроводжуються неконтрольованими (судомними) скороченнями м'язів, в тому числі легенів та серця, і може привести до порушення біологічних процесів.

Всі види дії електричного струму на організм людини умовно поділяють на дві основні групи уражень: електричні травми та електричні удари.

Електричні травми - це місцеві пошкодження тканин і органів, причиною яких є дія електричного струму або електричної дуги. Розрізняють наступні електричні травми: 1) електричний опік; 2) електричні знаки; 3) металізація шкіри; 4) електроофтальмія; 5) механічні ушкодження.

1. Електричний опік - найбільш розповсюджена електротравма. Опіки бувають двох видів: струмовий (або контактний) і дуговий. Струмовий опік зумовлений

проходженням струму величиною більше 1А через тіло людини в результаті контакту із струмоведучою частиною і є наслідком перетворення електричної енергії у теплову.

Розрізняють 4 ступені опіку: 1) - почервоніння шкіри; 2) - утворення пухирців; 3) - омертвіння усієї товщини шкіри; 4) - обвуглення тканин. Ступінь ураження організму визначається не ступінню опіку, а площиною ураженої поверхні тіла.

Дуговий опік. При більш високих напругах між струмоведучою частиною і тілом людини виникає електрична дуга (температура дуги > 3500°C), яка і спричиняє дуговий опік. Вони, як правило, дуже важкі: 3 або 4 ступеня.

2.Електричні знаки - чітко окреслені плями сірого або жовтого кольору на поверхні шкіри людини в місці контакту з електродами. Знаки бувають також у вигляді подряпин, ран, порізів або ушибів, бородавок та мозолів.

Електричні знаки - безболісні, розміри плям до 10 мм

3.Металізація шкіри - це проникнення у верхні шари шкіри дрібних частинок металу, який розплавився під дією електричної дуги. Це може відбутися при коротких замиканнях, відключенні рубильника під навантаженням, тощо. Металізація супроводжується опіком шкіри.

4.Електроофтальмія - ураження очей, яке викликається інтенсивним випромінюванням електричної дуги, спектр якої містить шкідливі для очей ультрафіолетові та інфрачервоні промені. Окрім того, можливе попадання в очі частинок розплавленого металу. Захист від електроофтальмії досягається за допомогою захисних окулярів.

5 .Механічні ушкодження виникають в результаті різних неконтрольованих судомних скорочень м'язів під дією електричного струму. В результаті можуть виникати розриви шкіри, кровеносних судин і нервової тканини, а також вивихи суглобів і переломи кісток.

Електричний удар - це збудження живих тканин організму електричним струмом, яке супроводжується неконтрольованими судомними скороченнями м'язів. В залежності від наслідків дії струму на організм електричні удари умовно поділяються на 4 ступені: 1) - судомне скорочення м'язів без втрати свідомості; 2) - втрата свідомості, але збереження дихання і роботи серця; 3) - втрата свідомості і порушення діяльності серця або дихання (або того і другого); 4) - клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу. Клінічна смерть -це перехідний період від життя до смерті. Ознаки клінічної смерті - зупинка серця, відсутність пульсу, дихання, зрачки очей розширені і не реагують на світло, відсутні больові відчуття. Тривалість клінічної смерті від 5 до 10 хвилин, в залежності від ступеня ураження та індивідуальних здатностей організму.

4.2. Фактори, які визначають небезпеку поразки електричним струмом.

Характер та наслідки дії електричного струму на людину залежать від слідуєчих факторів: а) електричного опору тіла людини; б) величини напруги та струму; в) тривалості дії електричного струму; г) шляху струму через тіло людини; д) виду та частоти електричного струму; е) умов зовнішнього середовища.

4.2.1. Електричний опір тіла людини.

Тіло людини є провідником електричного струму. Найбільший опір електричному струму створює шкіра, тому опір тіла людини визначається, головним чином, опором шкіри. Опір тіла людини при сухій, чистій і непошкодженій шкірі (при напрузі 15...20 В) становить 3 ...100 кОм і більше, а опір внутрішніх шарів тіла складає 300...500 Ом. В реальних умовах опір тіла людини (який вважається активним, а не ємнісним) не є сталою величиною: він залежить від ряду факторів, таких як стан шкіри, стан навколишнього середовища, параметрів електричного кола та ін. Пошкодження поверхневого шару шкіри зменшує опір тіла до 500...700 Ом, що збільшує небезпеку враження електричним струмом. До подібних наслідків приводить і зволоження шкіри за рахунок води або поту. Загрязнення шкіри шкідливими речовинами, що добре проводять електричний струм, також приводить до зменшення її опору.

Опір шкіри залежить не тільки від її стану, а й від площі поверхні і щільності контакту, а також від місця дотику, тому що опір шкіри різний на різних ділянках тіла. Найменший опір має шкіра обличчя, шиї, рук на ділянці вище долоней, тильної сторони кисті. Шкіра долоней і підощв має набагато більший опір.

Із зростанням струму і часу його проходження опір тіла зменшується, оскільки при цьому збільшується місцевий нагрів шкіри, що приводить до розширення судин та збільшення потовиділення.

Опір шкіри залежить і від прикладеної напруги, бо вже при напрузі 10...38В пробивається верхній, роговий шар шкіри. Із зростанням напруги опір шкіри зменшується в десятки разів, наближаючись до опору внутрішніх тканин (300...500 Ом). При напрузі 127...220В і вище шкіра вже майже не впливає на опір тіла.

Із зростанням частоти струму опір тіла зменшується і при 10... 25кГц поверхневий шар шкіри практично втрачає опір електричному струму. При розрахунках опір тіла приймається рівним 1000Ом.

4.2.2 Величина струму і напруги.

Головним фактором, який визначає результат ураження електричним струмом є сила струму, що проходить через тіло людини. Напруга, прикладена до тіла людини, також впливає на результат ураження, але лише тому, що вона визначає величину струму, що проходить через тіло людини.

Щодо напруги, яка може бути небезпечною, то відомі випадки, коли навіть напруга $<12V$ спричиняла смерть (дуже рідко і при особливо несприятливих умовах).

По наслідкам фізіологічної дії на організм людини електричний струм поділяється на 1) пороговий відчутний; 2) пороговий невідпускаючий і 3) фібриляційний.

Відчутний струм - електричний струм, який при проходженні через тіло людини викликає ледь відчутні подразнення. ,

Відчутні подразнення викликає змінний струм силою $0.6...15\text{ mA}$, частотою 50 Гц і постійний - силою $5...7\text{ mA}$. Вказані значення є пороговими відчутними струмами: з них починається область відчутних струмів.

Максимальний (пороговий) відпускаючий струм - струм такої величини, при якому людина ще може самостійно відірвати руки від предмета, що є під напругою.

Струм 10 mA часто вважають безпечним, як відпускаючий для більшості дорослих людей.

Невідпускаючий струм - це такий струм, який при проходженні через тіло людини викликає неконтрольовані судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник.

Пороговий невідпускаючий струм складає $10...15\text{ mA}$ змінного струму та $50...80\text{ mA}$ - постійного. При такому струмові людина вже не може самостійно розжати руку, в якій знаходиться провідник.

Фібриляційний струм - електричний струм, який викликає фібриляцію серця, тобто різночасове хаотичне скорочення волокон серцевого м'язу, при якому порушується кровообіг.

Пороговий фібриляційний струм становить 100 mA змінного струму і 300 mA постійного при тривалості дії $1...2\text{ c}$ по шляху рука - рука або рука -ноги. Фібриляційний струм може досягати величини 5 A ; при більших значеннях струму відбувається миттєва зупинка серця.

Граничний допустимий струм через тіло людини при нормальному режимі електроустаткування не повинен перевищувати слідуєчих значень:

$0,3\text{ mA}$ при змінному струмі частотою 50 Гц ;

$0,4\text{ mA}$ - при 400 Гц ;

1 mA - при постійному струмові.

При високій температурі (вище 25°C) і великій вологості (відносна вологість повітря $>75\%$) допустимий струм слід зменшити в 3 рази.

Напруга на людині впливає на наслідок ураження з двох причин: 1) напруга визначає опір тіла людини: опір тіла людини обернено пропорційний прикладеній напрузі; 2) напруга визначає силу струму.

Гранична допустима напруга на людині при нормальному режимі електроустаткування не повинна перевищувати слідуєчих значень:

2В - при змінному струмові частотою 50 Гц;

3В- при 400Гц;

8В - при постійному струмі.

При високій вологості і температурі граничні напруги слід зменшити в 3 рази.

4.2.3. Тривалість дії електричного струму.

Суттєве значення на наслідок враження має тривалість проходження струму через тіло людини. Тривала дія струму приводить до тяжких, а іноді смертельних випадків.

Вплив тривалості проходження струму через тіло людини на наслідок ураження можна оцінити емпіричною формулою:

$$I = 50/t, \text{ Де } I - \text{ струм, що проходить через тіло людини, мА;}$$

t - час проходження струму, с.

Ця формула дійсна в межах 0,1 ... 1,0 с. Її використовують для визначення граничних допустимих струмів, що проходять через людину по шляху рука-ноги, при розрахунках захисних пристроїв.

4.2.4. Шлях струму через тіло людини.

Шлях проходження струму через тіло людини відіграє суттєву роль в ураженні, оскільки струм може пройти через життєво важливі органи: серце, легені, головний мозок, тощо. Вплив шляху струму на результат ураження визначається також опірором шкіри на різних ділянках тіла.

Можливих шляхів струму в тілі людини, які називаються петлями струму, досить багато. Найбільш часто зустрічаються слідуєчі петлі струму: рука - рука, рука - ноги, нога - нога. Найбільш небезпечні петлі: голова -руки та голова - ноги.

Небезпека дії струму залежить від індивідуальних особливостей людини - маси тіла та фізичного розвитку, - а також від стану нервової системи і всього організму. Особи, хворі на серце, нервовими захворюваннями, тощо, а також особи, що знаходяться у стані сп'яніння, перевтомлення, стомлення - більш небезпечні для ураження електричним струмом.

4.2.5. Характер і частота електричного струму.

Найбільш небезпечним для людини є струм частотою 20...200Гц. Із збільшенням та зменшенням частоти безпека ураження зменшується і повністю зникає при частотах $> 400\text{кГц}$, хоча високочастотні струми можуть викликати опіки.

Постійний струм менти небезпечний (безпечніший, ніж змінний). Але це справедливо тільки для напруг до 300В. При подальшому зростанні напруги безпека ураження зростає, а при $U > 600\text{В}$ постійний струм значно небезпечніший

за змінний струм.

4.2.6. Умови зовнішнього середовища

Стан зовнішнього середовища суттєвим чином впливає на безпеку ураження струмом.

Вологість, струмопровідний пил, пари та газы, які руйнують ізоляцію електроустановок, а також висока температура навколишнього повітря зменшують опір тіла людини і сприяють поразці електричним струмом.

Підвищують ймовірність ураження електричним струмом також струмопровідні підлоги, металеві конструкції, близько розташовані до електрообладнання, які мають зв'язок із землею.

За ступенем безпеки ураження електричним струмом всі приміщення поділяються на 3 класи (категорії):

- 1. без підвищеної безпеки;
- 2. з підвищеною безпекою;
- 3. особливо небезпечні.

Приміщення без підвищеної безпеки характеризуються відсутністю ознак приміщень двох інших класів. Це приміщення з нормальною температурою повітря, струмонепровідними підлогами, сухі.

Приміщення з підвищеною безпекою — це приміщення, які мають одну з таких ознак:

- вогкі, тобто з відносною вологістю повітря, яка тривалий час $>75\%$
- із струмопровідними підлогами (земляні, металеві, залізобетонні та інші);
 - з високою температурою (температура понад $+30^{\circ}\text{C}$ тривалий час);
- з ймовірністю одночасного дотику людини до металевих конструкцій електроустановки, з одного боку, та де з'єднаних із землею металоконструкцій будинку або механізмів - з другого.

Особливо небезпечні приміщення мають одну з таких ознак:

- дуже вогкі (відносна вологість повітря становить $\sim 100\%$; при цьому стеля, стіни, підлога та всі предмети покриті вологою);
 - з хімічно активними парами, газами, що руйнують ізоляцію;
- ті, що мають одночасно дві або більше ознак приміщень з підвищеною безпекою.

До приміщень першого класу належать, наприклад, навчальні лабораторії при умові, що електричну апаратуру встановлено досить далеко від радіаторів і труб опалення та водопроводу і не з'єднано із землею. До другого класу відносять, наприклад, склади із земляною підлогою, до третього - теплиці, лазні, приміщення для худоби.