

БЕЗПЕКА ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Табуненко В.О.,

канд. техн. наук, доцент, професор

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Назаренко В.В.,

*здобувач вищої освіти спеціальності 141 «Професійна освіта
(Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)»,*

спеціалізація: «Електротехнічні системи військового призначення»

курсант 3 факультету п'ятого року навчання

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Восьмий рік на сході України продовжується військове протистояння Збройних Сил України (ЗСУ) проти незаконних військових формувань Російської Федерації. Для забезпечення ЗСУ під час ведення бойових дій в польових умовах використовуються автономні пересувні дизельні електростанції (ДЕС).

Найчастіше ДЕС використовують як джерело електричної енергії трифазного змінного струму, у цьому випадку дизельний двигун є приводом для синхронного генератора. Пересувні електростанції використовуються переважно для живлення різноманітних споживачів змінним струмом промислової (50 Гц) або підвищеної (200, 400 Гц) частоти.

Дизельні електростанції входять до складу комплексних систем електропостачання різних зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) та забезпечують життєдіяльність військових підрозділів. Побудова комплексної системи електропостачання ЗРК Повітряних Сил обумовлена складом зенітних ракетних комплексів та особливостями її бойового застосування [1]. До складу зенітних ракетних військ входить велика кількість комплексів та станцій.

Найбільш поширеними ЗРК, що залучаються до проведення Операції Об'єднаних Сил (ООС) є 9К81 «С300ПС» (рис.1), 9К37М1 «Бук-М1» (рис.2), 9К33 «Оса» (рис.3). Із особливостей бойового застосування витікає, що електропостачання ЗРК на період бойового чергування повинно бути незалежним від державних джерел.

Аналіз використання ПЕС для життєзабезпечення окремих підрозділів ЗСУ в польових умовах в ході проведення Операції Об'єднаних Сил (ООС) свідчить про ряд проблем, пов'язаних з електрозабезпеченням при веденні бойових дій:

- знищення електротехнічних засобів (ЕТЗ) незаконними терористичними формуваннями при їх транспортуванні та розміщення у робоче положення;
- виходу з ладу автономних ЕТЗ в ході їх експлуатації при міжфазному короткому замиканні; замиканнях фази - нуль; удару блискавки; механічному пошкодженні; сплесків напруги; відмови вимикача; замиканні на землю; тепловому перевантаженню; втрати синхронізації; значному зниженню частоти;
- неправильного підключення споживачів електричної енергії і як наслідок вихід з ладу кабельної мережі.



Рисунок № 1 – Зенітно-ракетний комплекс (ЗРК) С-300ПС



Рисунок № 2 – ЗРК 9К37 «Бук» Рисунок 3 –ЗРК «Оса» 9К33

Аналіз причин електротравматизму у військових підрозділах дозволяє їх поділяти на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Організаційні пов'язані з порушенням законодавчих актів, вимог інструкцій, правил та наказів командування, відсутність або неякісне проведення інструктажу і

навчання, невиконання заходів щодо охорони праці, несвоєчасний ремонт або заміна несправного та застарілого обладнання.

Технічні пов'язані з невідповідністю вимогам безпеки або несправністю обладнання електроустановок, інструменту і засобів захисту, а також конструктивні недоліки обладнання.

Психофізіологічні пов'язані з помилковими діями військовослужбовців внаслідок втоми, надмірної важкості та напруженості службової діяльності, нервово-психологічного перевантаження, монотонністю виконання службових обов'язків, хворобливого стану, необережності.

Санітарно-гігієнічні пов'язані з дискомфортом тривалого знаходження військовослужбовців у польових умовах, несприятливих метеорологічних умовах, порушення правил особистої гігієни, наявності електричного поля і статичної електрики та випромінювань вище допустимих значень, надмірного рівня шуму і вібрації, підвищеного вмісту у повітрі зон шкідливих речовин.

Тіло будь-якого військовослужбовця є провідником електричного струму. Однак провідність живої тканини на відміну від звичайних провідників обумовлена не тільки її фізичними властивостями, але й дуже складними біохімічними й біофізичними процесами, властивими лише живій матерії. Тіло військовослужбовця можна розглядати як провідник особливого роду, що має змінний опір і володіє якоюсь мірою властивостями провідників першого роду (напівпровідники) і другого роду (електроліти).

Опір тіла військовослужбовця виявляється неоднаковим навіть у одного військовослужбовця в різний час і в різних умовах вимірювання. При сухій, чистій і неушкодженій шкірі опір тіла, обмірюваний при напрузі до 15 - 20 В, коливається в межах приблизно $(3 - 100) \cdot 10^3$ Ом, а іноді й в більш широких межах. Якщо на ділянках шкіри, де прикладаються електроди, зіскребти роговий шар, опір тіла впаде до $(1 - 5) \cdot 10^3$ Ом, а при видаленні всього зовнішнього шару шкіри (епідермісу) – до 500 - 700 Ом. Якщо ж під електродами повністю видалити шкіру, то буде виміряний опір підшкірних тканин тіла, який у всіх людей практично однаковий й становить лише 300 - 500 Ом [2].

Опір тіла людини можна умовно вважати таким, що складається із трьох послідовно включених опорів (рис. 4 а, б, в): двох однакових комплексних опорів зовнішнього шару шкіри, тобто епідермісу, $2 \cdot z_e$ і одного активного опору внутрішніх тканин тіла R_v (яке містить у собі два опори – внутрішніх шарів шкіри, тобто дерми, і підшкірних тканин тіла).

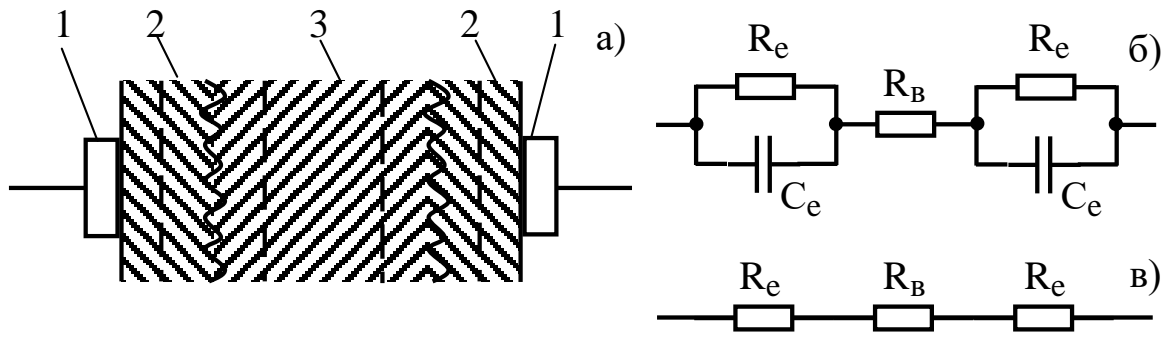


Рисунок № 4 – До визначення електричного опору тіла військовослужбовця:

а – схема вимірювання опору; б – еквівалентна схема опору тіла;
 в – спрощена еквівалентна схема; 1 – електроди; 2 – зовнішній шар шкіри (епідерміс);
 3 – внутрішні тканини тіла (внутрішні шари шкіри й підшкірних тканин); R_B – опір
 внутрішніх тканин; R_e – активний опір епідермісу; C_e – ємність епідермісу

Опір епідермісу z_e складається з активного R_e , і ємнісного $x_c=1/\omega C_e$ опорів, включених паралельно, де $\omega = 2\pi f$ – кутова частота, 1/с. Ємнісний опір обумовлений тим, що в місці дотику електрода до тіла людини утворюється немов конденсатор, обкладинками якого є електрод і тканини тіла людини, які добре проводять струм, що лежать під зовнішнім шаром шкіри, а діелектриком, що розділяє обкладки, – цей шар (епідерміс) (рис. 4.б). Як показують дослідження, ємність епідермісу C_e коливається від декількох сотень пікофарад до декількох мікрофарад.

$$z_h = 2 \cdot z_e + R_B = 2 \cdot \left(R_e - j \frac{1}{\omega \cdot C_e} \right) + R_B . \quad (1)$$

Активний опір епідермісу R_e , Ом, залежить від його питомого опору ρ_e , значення якого знаходяться у межах $10^4 - 10^5$ Ом·м, а також від площі контакту S и товщини епідермісу d_e :

$$R_e = \frac{\rho_e \cdot d_e}{S} . \quad (2)$$

Повний опір епідермісу z_e при площі контактів у кілька квадратних сантиметрів досягає дуже великих значень – десятків тисяч Ом.

Опір внутрішніх тканин тіла R_B вважається чисто активним. Значення R_B практично не залежить від площі електродів, частоти струму, а також від прикладеної напруги, й дорівнює приблизно 500 - 700 Ом.

При малій ємності епідермісу C_e (коли її можна прийняти рівною нулю) повний опір тіла людини z_h , Ом, виявляється рівним сумі активних опорів обох шарів епідермісу й опору внутрішніх тканин тіла:

$$z_h = 2 \cdot R_e + R_B = R_h . \quad (3)$$

Електричний опір залежить від таких параметрів електричного кола, як: місце прикладення електродів до тіла людини, величина струму й прикладеної напруги, рід і частота струму, площа електродів, тривалість проходження струму (рис.5).

Підвищення напруги, прикладеної до тіла військовослужбовця, U_D викликає зменшення в десятки разів її повного опору z_h , що у межі наближається до найменшого значення опору підшкірних тканин тіла (приблизно 300 Ом). Зменшення повного опору тіла людини z_h з ростом прикладеної напруги пояснюється впливом ряду факторів, у тому числі збільшенням струму, що проходить через шкіру, і пробоем рогового шару шкіри під впливом прикладеної напруги. Зростання струму, що проходить через шкіру, обумовлене у першу чергу підвищенням напруги, прикладеної до тіла людини. Пробій рогового шару шкіри можливий, якщо напруженість виниклого в ньому електричного поля перевищує його пробивну напруженість. Це відбувається при напрузі близько 50 В и вище.

Дослідження показують, що опір тіла військовослужбовця при постійному струму більше, ніж змінному будь-якої частоти. Різниця в значеннях опорів постійному і змінному (50 Гц) струмам особливо велика при малих напругах – до 10 В. З ростом прикладеної напруги ця різниця зменшується, і починаючи з 40 - 50 В опір тіла людини як постійному, так і змінному струму промислової частоти стає практично однаковим.

Площа електродів S безпосередньо впливає на повний опір тіла людини: чим більше S , тим менше z_h . З ростом частоти струму залежність повного опору тіла людини z_h від площі електродів S зменшується, і при 10 - 20 кГц вплив площі електродів припиняється повністю [3].

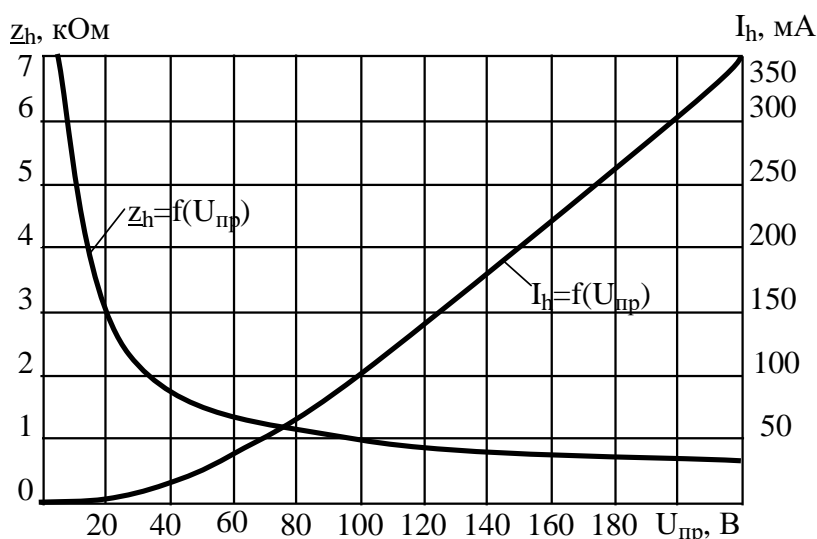


Рисунок № 5 – Залежність опору тіла військовослужбовця й струму, що протікає через нього, від прикладеної напруги.

Тривалість протікання струму помітно впливає на опір шкіри, а отже, на z_h в цілому, внаслідок посилення із часом кровопостачання ділянок шкіри під електродами, потовиділення й інші. Дослідження показують, що при невеликих напругах (20 - 30 В)

за 1 - 2 хв. опір знижується звичайно на 10 - 40% (у середньому на 25%), а іноді й більше. При більшій напрузі, а отже, при більшому струмі, опір тіла знижується швидше, що пояснюється, очевидно, більше інтенсивним впливом на шкіру струму більшого значення. Дослідження показують, що при прикладенні напруги 1600 В опір тіла військовослужбовця через 50 с знижується з 800 Ом до 516 Ом, тобто на 35%.

Висновки:

1. В доповіді проведено аналіз причин військового електротравматизму при експлуатації електротехнічних засобів в період ведення бойових дій, та причин пошкоджень повітряних та кабельних ліній електропередачі.

2. Проаналізовано дію струму на опір тіла військовослужбовця при впливі різних факторів. Розглянуто основні фактори впливу внаслідок ураження військовослужбовця електричним струмом та критерії безпеки електричного струму.

Список використаних джерел

1. Кононов Б. Т. Енергетичні установки. Ч. 2. Пересувні електростанції: Навч. посіб. / Б. Т. Кононов, Г. І. Лагутін. – Харків: ХНУПС, 2019.

2. Кононов Б. Т. Організація електропостачання військ у мирний час та в особливих умовах. Ч. 2 : Навч. посіб. / Б. Т. Кононов, Г. І. Лагутін. – Харків: ХНУПС, 2019.

3. Основи електробезпеки та енергонагляду. Б. Т. Кононов, Г. І. Лагутін, А. М. Панченко, О. В. Степанюк. – Харків: ХУПС, 2012. – 341 с.