

Галузь Охорони праці

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ НА КОМПЛЕКСАХ ОЗБРОЄННЯ ТА  
ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Девіз «ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА»

2019/2020 навчальний рік

## ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 Аналіз особливостей дії струму на комплексах озброєння та військової техніки.....	4
2 Аналіз технічних способів захисту військовслужбовців на пересувних електроустановках від ураження електричним струмом .....	11
3 Аналіз організації безпечної експлуатації військових систем електропостачання й електроустановок.....	19
4 Розробка рекомендацій щодо захисту військовслужбовців від дії електромагнітних полів промислової, високої і надвисокої частоти та статичної електрики, та способи протидії функціональним та біологічним ефектам ....	23
Висновки.....	30
Перелік посилань .....	31

## ВСТУП

Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням від 14 червня 2017 №398-р визначив основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період [1]. Як зазначає урядовий портал, проект розпорядження було розроблено на виконання Указу Президента України від 2 серпня 2016 року № 323/2016 "Про введення в дію Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року "Про заходи з розвитку оборонно-промислового комплексу України" відповідно до пункту 44 Воєнної доктрини України, затвердженої Указом Президента України від 24 вересня 2015 року № 555/2015 [2].

Електрична енергія дозволяє використовувати системи комплексів озброєння, управління та військової техніки під час підготовки та ведення бойових дій, забезпечувати надійний зв'язок у військах, впроваджувати прогресивне обладнання та технологію. Масова електрифікація комплексів озброєння та управління викликала появу великої кількості електроустановок, експлуатація яких вимагає від особового складу знань і безумовного виконання правил та заходів безпеки при експлуатації електроустановок. У зв'язку з цим питання електробезпеки набувають особливого значення.

**Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, які забезпечують захист військовослужбовців від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, при експлуатації електроустановок.**

Задача дослідження є підвищення електробезпеки на комплексах озброєння та військової техніки.

Об'єкт дослідження – процес захисту військовослужбовців від дії електромагнітних полів промислової, високої і надвисокої частоти та статичної електрики при виконанні службово-бойових задач (СБЗ).

Предмет дослідження полягає в поглибленому вивченні впливу електромагнітних полів промислової, високої і надвисокої частоти та статичної електрики на військовослужбовців, що працюють на комплексах озброєння та військової техніки.

## 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДІЇ СТРУМУ НА КОМПЛЕКСАХ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

На комплексах озброєння та військової техніки існує три основних особливості дії електричного струму:

1. Відсутність зовнішніх візуальних ознак на струмоведучих частинах військової техніки загрози впливу або ураження електричним струмом військовослужбовців;

2. В результаті контакту зі струмопровідними частинами військовослужбовець може бути позбавлений можливості самостійно відокремитися від струмопровідного предмета в результаті чого збільшується серйозність отриманої електротравми;

3. Після отримання електротравми у нього можлива втрата свідомості та падіння військовослужбовця з висоти, де проводилася робота.

Авторами роботи [3] обґрунтовано приблизний розподіл характерних електротравм за окремими видами, що наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розподіл місцевих електротравм

Види електротравм.	Кількість у %
Електричні опіки	40
Електричні знаки	7
Металізація шкіри	3
Механічні ушкодження	0,5
Електрофтальмія	1,5
Змішані травми	23
Усього	75

Це відбувається тому, що тіло військовослужбовця є провідником електричного струму. Однак провідність тіла військовослужбовця відрізняється від звичайних провідників, що можна пояснити складними біохімічними і біофізичними процесами, які характерні для живої матерії. Тому при

проходженні струму через тіло військовослужбовця існує наявність його опору і це є величиною змінною за рахунок того, що має нелінійну залежність від великої кількості різних факторів: стану шкірного покриву, індивідуальних фізіологічних факторів, характеру електричного струму і стану навколишнього середовища, включаючи метеорологічні умови.

Тому тіло військовослужбовця, що потрапило під дію струму можна розглядати як провідник особливого роду, який має змінний опір, залежне від ряду факторів і володіє особливими властивостями провідників першого роду (напівпровідників) і другого роду (електроліти).

Слід розрізняти тіло військовослужбовця як що складається з окремих елементів: шкірного покриву, жирових тканин, сухожилля, хрящів, які мають відносно високий опір, і м'язових тканин, крові, лімфи, головного і спинного мозку. При дії струму у 50 Гц питомий об'ємний опір може мати приблизні наступні значення, наведені авторами [3], і представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Електричний опір тканин тіла військовослужбовця

Тканини тіла	Електричний опір, Ом·м
шкіра суха	$3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$
кістки (без окістя)	$10^4 - 2 \cdot 10^6$
жирова тканина	30 - 60
м'язова тканина	1,5 - 3
кров	1 - 2
спинномозкові рідини	0,5 - 0,6

При уважному розгляді таблиці 1.2 видно, що при порівнянні з іншими тканинами шкіра має дуже високий опір і це є основним показником, за допомогою якого можна визначити опір тіла військовослужбовця в цілому. Чималу роль при цьому відіграє товщина і фактичний стан шкіри, наявність, площа наявних пошкоджень та інші фактори.

Опір шкірного покриву військовослужбовця умовно можна вважати як такий, що складається з трьох послідовно включених опорів (рисунок 1.1, а, б) [3]: двох однакових комплексних опорів зовнішнього шару шкіри, тобто

епідермісу,  $2 \cdot z_e$  і одного активного опору внутрішніх тканин тіла  $R_B$  (яке містить у собі два опори – внутрішніх шарів шкіри, тобто дерми, і підшкірних тканин тіла).

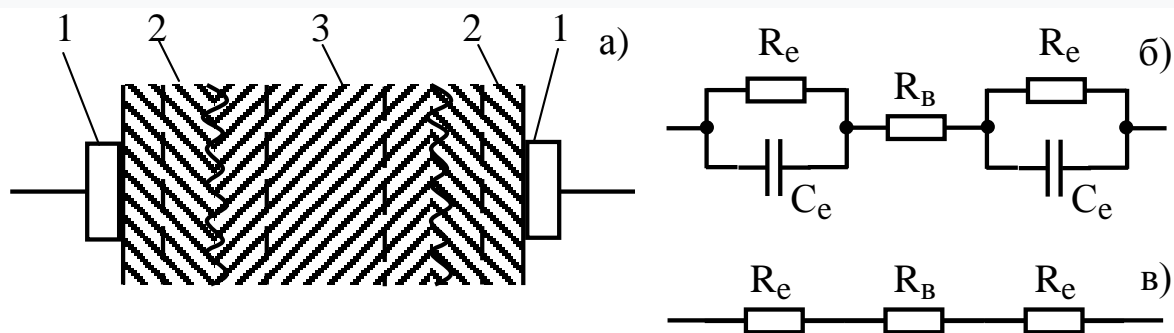


Рисунок 1.1 – До визначення електричного опору тіла військовослужбовця:  
 а – схема вимірювання опору; б – еквівалентна схема опору тіла людини; в – спрощена еквівалентна схема; 1 – електроди; 2 – зовнішній шар шкіри (епідерміс); 3 – внутрішні тканини тіла (внутрішні шари шкіри й підшкірних тканин);  $R_B$  – 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) (рисунок 1.1, б). Як показують дослідження, ємність епідермісу  $C_e$  коливається від декількох сотень пікофарад до декількох мікрофарад [3].

$$z_h = 2 \cdot z_e + R_B = 2 \cdot \left( R_e - j \frac{1}{\omega \cdot C_e} \right) + R_B . \quad (1.1)$$

Активний опір епідермісу  $R_e$ , Ом, залежить від його питомого опору  $\rho_e$ , значення якого знаходяться у межах  $10^4 - 10^5$  Ом·м, а також від площі контакту  $S$  и товщини епідермісу  $d_e$  [3]:

$$R_e = \frac{\rho_e \cdot d_e}{S} . \quad (1.2)$$

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

Опір внутрішніх тканин тіла військовослужбовця  $R_v$  вважається чисто активним. Значення  $R_v$  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 [3]:

$$z_h = 2 \cdot R_e + R_v = R_h. \quad (1.3)$$

Велику роль відіграє стан шкірного покриву військовослужбовця. При пошкодженні шкірного покриву опір значно зменшується, так само як і при наявності вологи на її поверхні і бруду. Взагалі опір шкірного покриву залежить від

- величини, роду і частоти струму;
- площі контакту електродів;
- тривалості контакту з струмоведучими частинами;
- величини прикладеної напруги.

Підвищення напруги, прикладеної до тіла військовослужбовця,  $U_d$  приводить до багаторазового зменшення повного опору  $z_h$ , приблизно 300 Ом як наведено на рисунку 1.2. Дослідження [3] показують, що опір тіла військовослужбовця при постійному струму більше, незважаючи на будь яку частоту. Висновок: при змінному або постійному струмах значно підвищується при малих напругах, а з ростом напруги зменшується.

При малих напругах (до 10 В) різниця на відміну як при змінному струмі так і при постійному дуже велика. Після підвищення напруги до 50 В опір тіла військовослужбовця стає однаковим при постійній та змінній напрузі.

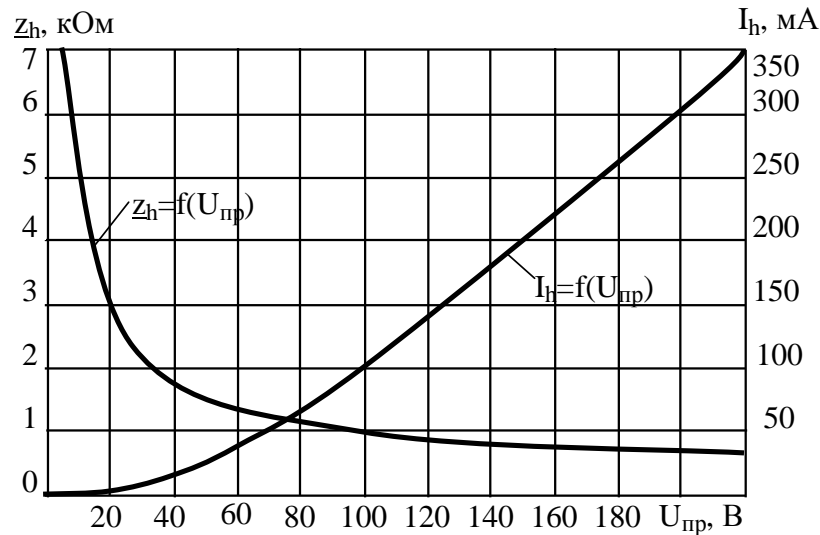


Рисунок 1.2 – Залежність опору тіла військовослужбовця й струму, що протікає через нього, від прикладеної напруги.

Контактна площа електродів  $S$  може впливати на опір тіла військовослужбовця причому зі зростанням  $S$  зменшується  $z_h$ . Впливає також і частота струму. При умові її зростання повний опір тіла військовослужбовця  $z_h$  від площі електродів  $S$  буде зменшуватися, а при 20 кГц  $S$  зовсім припиниться.

Якщо протікання струму тривале, то це значно впливає на опір шкірного покриву, тому що  $z_h$  трапляється потовиділення з часом. Проведене дослідження [3] показують, що в умовах невеликих напруги, приблизно до 30 В за пару хвилин опір знижується до 40% або на 25%, та навіть трохи більше.

При збільшенні напруги та великому струмі опір тіла військовослужбовця знижується швидше, що можливо пояснити кровотоком та інтенсивним впливом на кожний покрив струму великого значення. При дослідженнях виявлено, що при напрузі у 1600 В опір тіла військовослужбовця через хвилину зменшується приблизно з 800 Ом до 516 Ом, тобто на 35%.

Крім того потрібно враховувати, що на опір тіла військовослужбовця  $z_h$  можуть впливати інші фактори, хоча і в меншому ступені, наприклад такі як, вік, фізичний стан організму, стать, вплив болю, уколів та ударів, звукові,



світлові ураження та рівень кисню, атмосферний тиск, підвищена температура оточуючого середовища та теплове опромінювання.

Однак основними вражаючими факторами ураження електрострумом тіла військовослужбовця потрібно рахувати величину струму, що проходить через його тіло. Особливий негативний вплив при цьому збільшується при збільшенні струму. Крім того потрібно враховувати тривалість проходження струму та його частоту, які оказують негативний вплив та погіршують стан потерпілого. Усі негативні впливи дії електричного струму, що проходять крізь тіло впливають на ступінь ураження та наближають до імовірності важкої травми та навіть до смертельного результату. Така залежність збільшення часу дії електричного струму на живу тканину приводить до накопичення та зростання наслідків впливу на організм і підвищують можливість проходження струму через серце з уразливою фазою Т серцевого кардіоциклу

Проблема проходження струму через серце з фазою Т кардіоциклу полягає в особливій чутливості серця та його функцій до електричного струму при різних фазах його діяльності. Серце становиться більш уразливим, коли знаходиться у фазі Т та скорочується шлуночки та вони переходять у розслаблений стан. Ця фаза триває близько 0,2 с. Якщо під час фази Т через серце пройде струм то виникає фібриляція серця. При іншому збігу струму імовірність виникнення фібриляції зменшується, як показано на рисунку 1.3. Таким чином імовірність фібриляції серця, інакше кажучи небезпека ураження залежить від значення струму, фази серцевого циклу та періода проходження струму через область серця. Ця залежність може бути відображена кривою, наведеною на рисунку 1.3,б [3]. Тривалість проходження струму може бути показана кардіоциклом від 0,8 до 1 секунди та перевищуючий струм впливає на усі фази роботи серця, включаючи найбільш уразливу фазу Т, коли небезпека дії струму та ураження трохи зменшена.

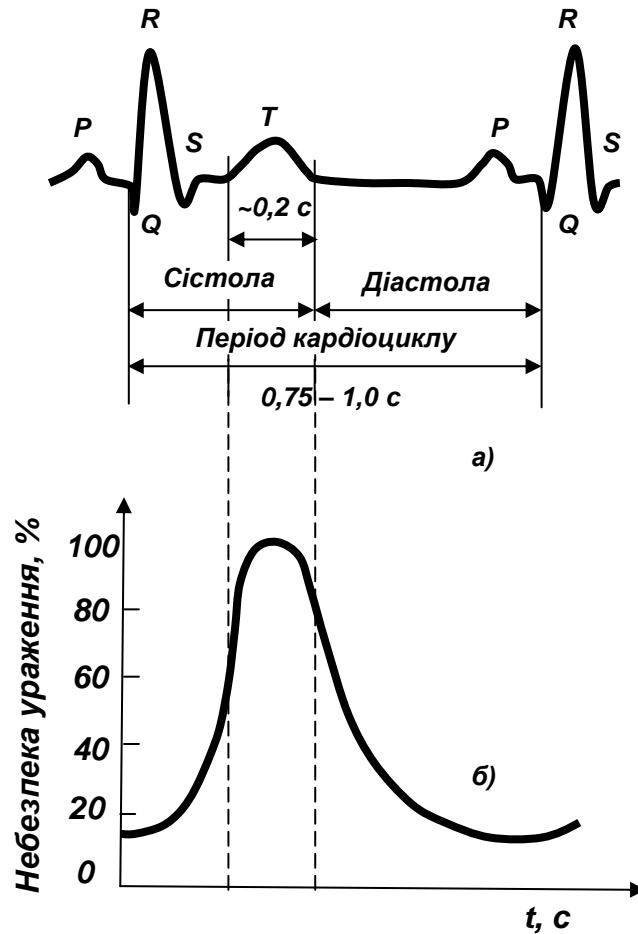


Рисунок 1.3 – Залежність небезпеки ураження від збігу часу протікання струму через серце з фазою  $T$  кардіоциклу:

- $a$  – електрокардіограма здорового військовослужбовця (у схематизованому вигляді);  
 $b$  — залежність небезпеки ураження від моменту протікання струму через серце.

Шлях проходження струму через тіло військовослужбовця грає важливу роль в наслідках стану його здоров'я як потерпілого. Якщо цей шлях буде проходити через життєва-важливі органи, такі як головний мозок, серце, легені то безпека що до здоров'я стане дуже велика, оскільки струм дуже сильно впливає на функціонування цих органів. Загальна характеристика можливих шляхів проходження струму крізь тіло військовослужбовців наведено в таблиці 1.3 [3].

Таблиця 1.3 – Характеристика найпоширеніших шляхів струму в тілі людини

Шлях струму	Частота виникнення даного шляху струму, %	Частка таких, що втрачали свідомість під час впливу струму, %	Значення струму, що проходить через область серця, % загального струму, що проходить через тіло
Рука – рука	40	83	3,3
Права рука – ноги	20	87	6,7
Ліва рука – ноги	17	80	3,7
Нога – нога	6	15	0,4
Голова – ноги	5	88	6,8
Голова – руки	4	92	7,0
Інші	8	65	–

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ СПОСОБІВ ЗАХИСТУ ВІЙСЬКОВСЛУЖБОВЦІВ НА ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

У військових пересувних електроустановках, для забезпечення безпеки, застосовується ізольована нейтраль. При цьому застосовуються дві системи технічних засобів захисту, це основна та допоміжна.

Перша, ще основна система технічного засобу, представляє собою захисне вимикання електричних приймачів при поєднанні їх з контролем опору ізоляції джерела електричної енергії відносно землі та ізольованою нейтраллю.

На рисунку 2.1 наведено приклад застосування основної системи технічного засобу для військових пересувних електроустановок з три- та чотири- проводовими кабельними лініями. На цьому рисунку запропоновані такі умовні позначення: G – генератор; E – електроагрегат (електростанція); ЕП – електроприймач; РУ – розподільне устаткування; ПКІ – пристрій постійного контролю опору ізоляції; Z – навантаження;  $R_p$  робоче заземлення ПКІ;  $Z_M$  – електричний з'єднувач з металевим корпусом електроагрегата; К – кабель; РБП – реле безпеки персоналу; ВП – захисний вимикаючий пристрій;  $R_{po}$  – робоче заземлення РБП; М – додатковий провід, що забезпечує металевий зв'язок корпусів з'єднувачів з корпусом електроагрегату.

На рисунку 2.1, а наведений варіант такої системи, коли корпуси електроприймачів з'єднані з корпусом джерела провідниками металевого зв'язку, який забезпечується за допомогою четвертої жили кабелю.

На рисунках 2.1, б та 2.1, в наведені варіанти без металевого зв'язку корпусів електроагрегату і електроприймача. В цих варіантах металевий зв'язок з'єднувачів кабельної мережі з корпусом електроагрегату забезпечується допоміжним проводом М.

Робочий опір пристрою постійного контролю ізоляції типу ПКІ та Ф-419 повинен бути не більше 700 Ом, пристроїв типу М143 – не більше 1000 Ом.

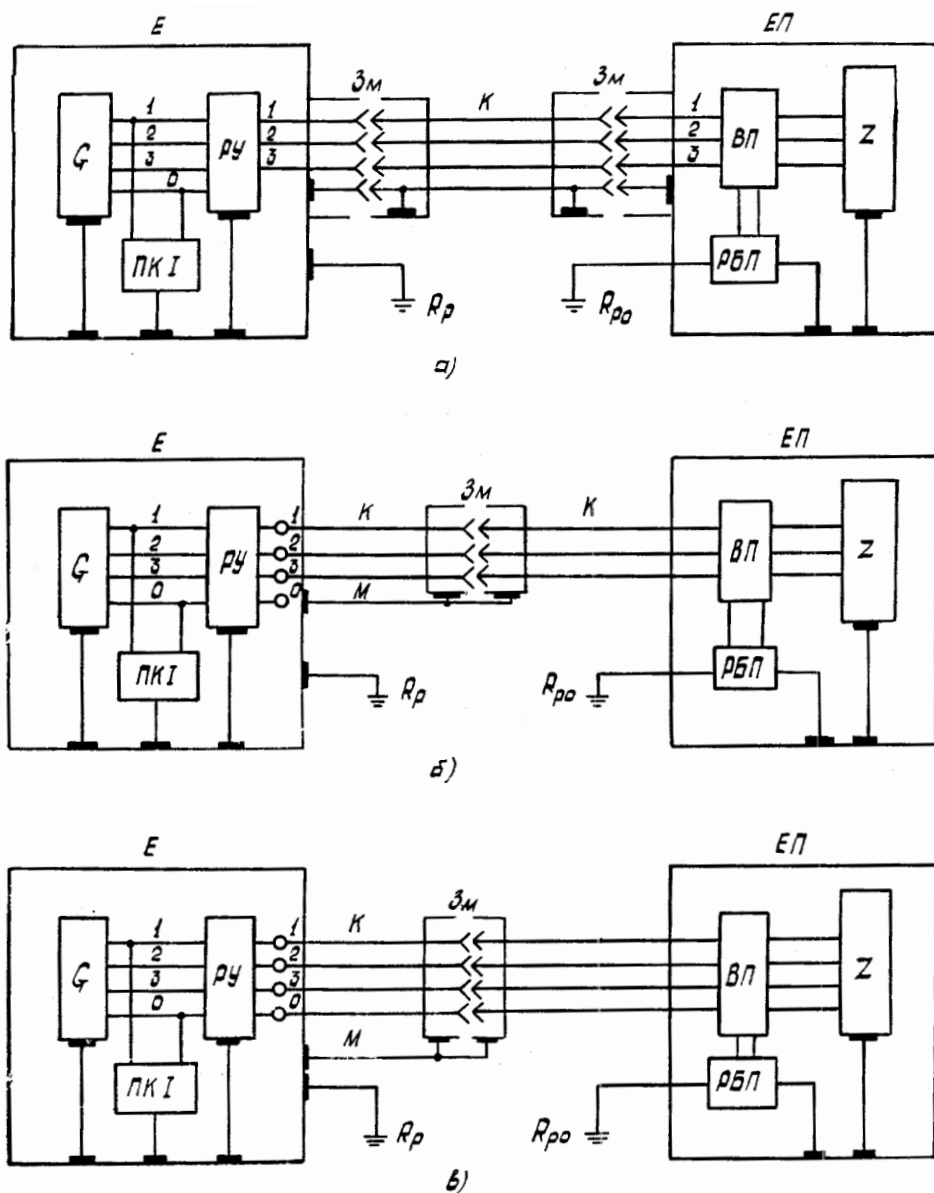


Рисунок 2.1 – Електрична схема основної системи захисту в пересувних електроустановках з трифазною мережею:

- а – з трипроводовою мережею з чотирижильним кабелем (четверта жила – металевий зв’язок); б – з трипроводовою мережею з трижильним кабелем; в – з чотирипроводовою мережею з чотирижильним кабелем (четверта жила – нульова)

Опір робочого заземлення пристроїв захисного вимикання повинен бути не більше 2000 Ом.

Перевірка наявності металевого зв’язку корпусів джерела живлення електроенергії, кабельної мережі й електроприймача проводиться на

електроустановках, що не працює. Для перевірки необхідні омметр і відрізок проводу, приєднані у відповідності з рисунком 2.2.

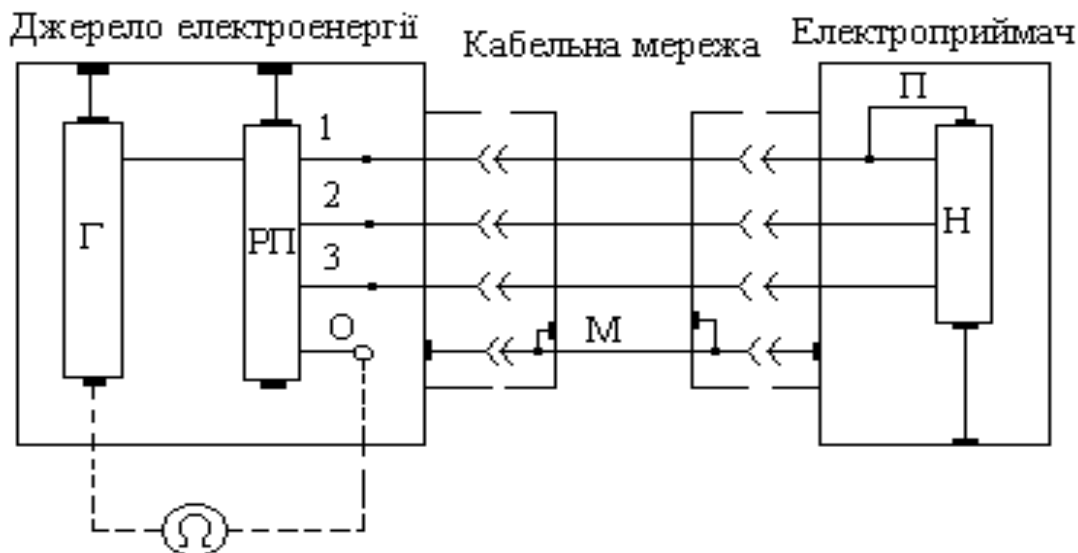


Рисунок 2.2 – Схема перевірки наявності металевого зв'язку корпусів джерела живлення електроенергії, кабельної мережі й електроприймача (варіант): Ω – омметр; П – провід (перемичка); М – жила кабелю, яка з'єднана з корпусом; Г – генератор; РП – розподільчий пристрій.

Основними джерелами живлення електроприймачів пересувних електроустановок є автономні електроагрегати та пересувні електростанції, але для економії палива та моторесурсу пересувних джерел і при наявності місцевих стаціонарних мереж їх доцільно використовувати для живлення електроприймачів пересувних установок.

Пересувні військові електроустановки часто змінюють позицію і місце підключення до стаціонарної електромережі, тому опір петлі фаза-нуль та розрахункове значення струму однофазного короткого замикання для них не визначені.

Приєднання пересувних електроустановок до стаціонарних мереж з глухозаземленою нейтраллю виконують через пристрій ЗВП (рисунок 2.3) за допомогою розподільчих пристроїв цих електроустановок. Захисне вимикання може застосовуватися окремо або в поєднанні з зануленням. Принцип дії пристрою ЗВП, що встановлюються на ввіді пересувних електроприймачів, не

повинен залежати від режиму нейтралі джерела живлення, тому в військових пересувних електроустановках застосовують такий пристрій, що реагує на напругу корпусу відносно землі (реле РБП). Перемикання пристрою ПКІ та реле РБП здійснюється (залежно від режиму роботи електроустановки) за допомогою перемикача  $S$ .

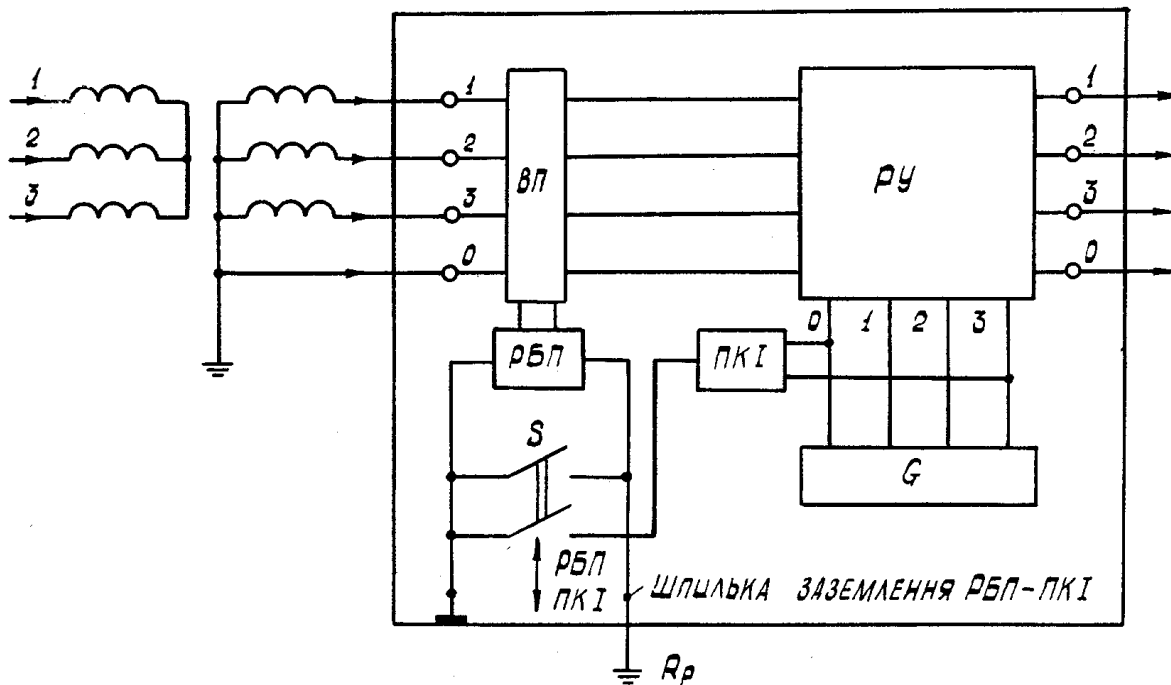


Рисунок 2.3 – Електрична схема захисту при живленні електроприймачів пересувних електроустановок від стаціонарних джерел живлення та при паралельній роботі пересувної електроустановки зі стаціонарним джерелом живлення:  $S$  - перемикач РБП-ПКІ

Приєднання стаціонарних електроприймачів до автономних пересувних електроагрегатів виконують за умови, що режим нейтралі джерела та технічні способи захисту відповідають режиму нейтралі та технічним способам захисту, що прийняті в мережах стаціонарних електроприймачів.

Наприклад, при роботі пересувного електроагрегату на стаціонарний електроприймач із заземленою нейтраллю (рисунок 2.4) пристрій контролю ізоляції відмикається, а електроагрегат переводиться в режим із заземленою нейтраллю. Для забезпечення електробезпеки здійснюється надійний металевий

зв'язок корпусів усього обладнання й корпусу електроустановки з нейтраллю генератора та встановлюється заземлення  $R_3$ .

Приєднання пересувних електроустановок до стаціонарних мереж з ізолюваною нейтраллю виконують через ЗВП (окремо або в сукупності із заземленням та системою захисних провідників). Захисне заземлення і металевий зв'язок корпусів у цьому випадку резервують захисне вимикання і підвищують надійність електропостачання, оскільки захисне вимикання спрацьовує тільки при подвійних замиканнях (безпеку однофазних замикань забезпечує захисне заземлення).

На рисунках 2.5 та 2.6 наведені приклади застосування систем захисту в інженерних та освітлювальних електростанціях.

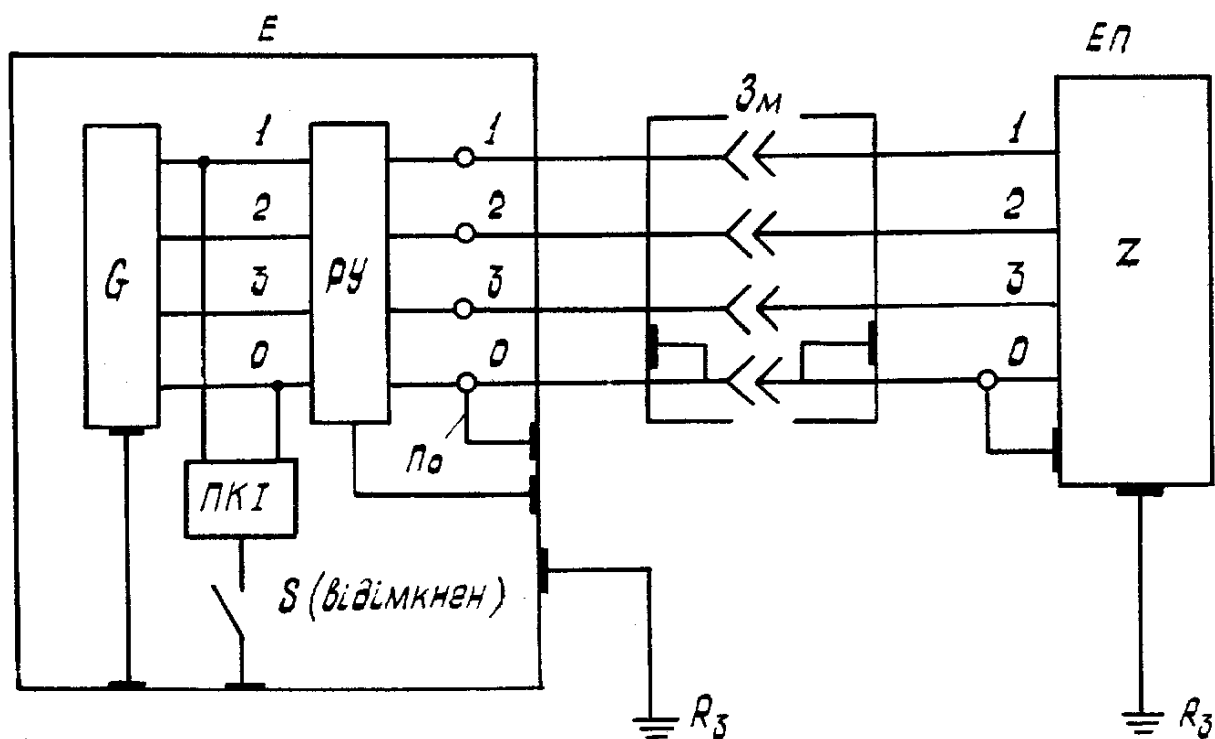


Рисунок 2.4 – Електрична схема системи захисту стаціонарних електроприймачів при їх живленні від пересувної електроустановки:

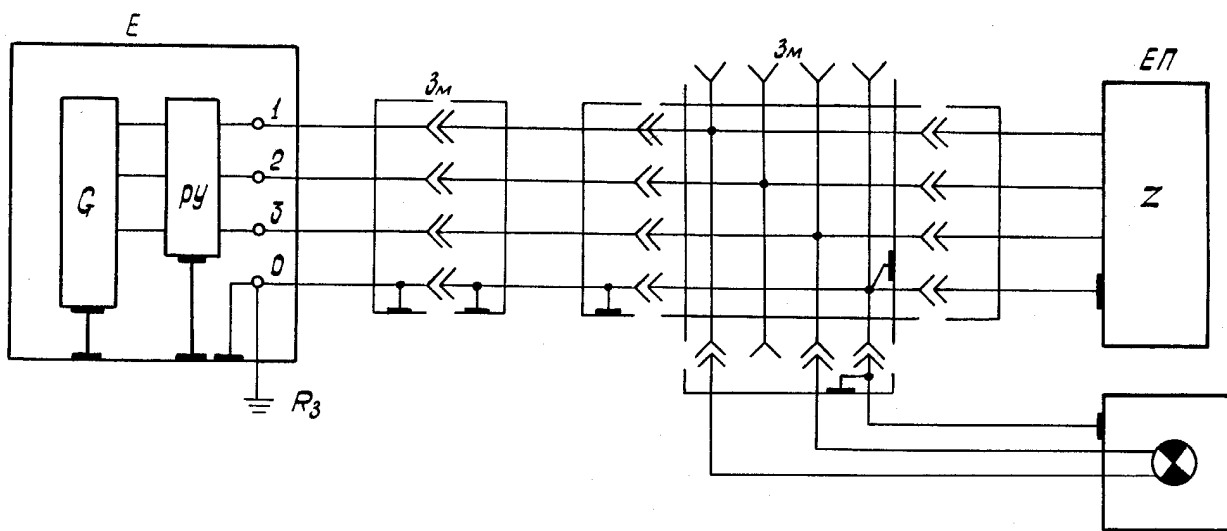
$\Pi_0$  - провідник, що з'єднує нульовий вивід генератора з корпусом



В інженерних електростанціях (рисунок 2.5,а) застосовується допоміжна система технічних способів захисту.

Корпуси електрифікованих інструментів, світильників та інших електроприймачів мають металевий зв'язок з корпусом електроагрегату, який заземлений через  $R_3$ .

Перевірка металевого зв'язку корпусів кожного електрифікованого інструмента (світильника) із заземлюючим штировим контактом вилки здійснюється омметром. Для цього омметр підключають одним виводом до заземлюючого штирового контакту вилки електроінструмента (світильника), а другим виводом треба по черзі торкнутися корпусу вилки і корпусу електроінструмента (світильника). Відхилення стрілки омметра до нульової відмітки шкали показує наявність металевого зв'язку.



а)

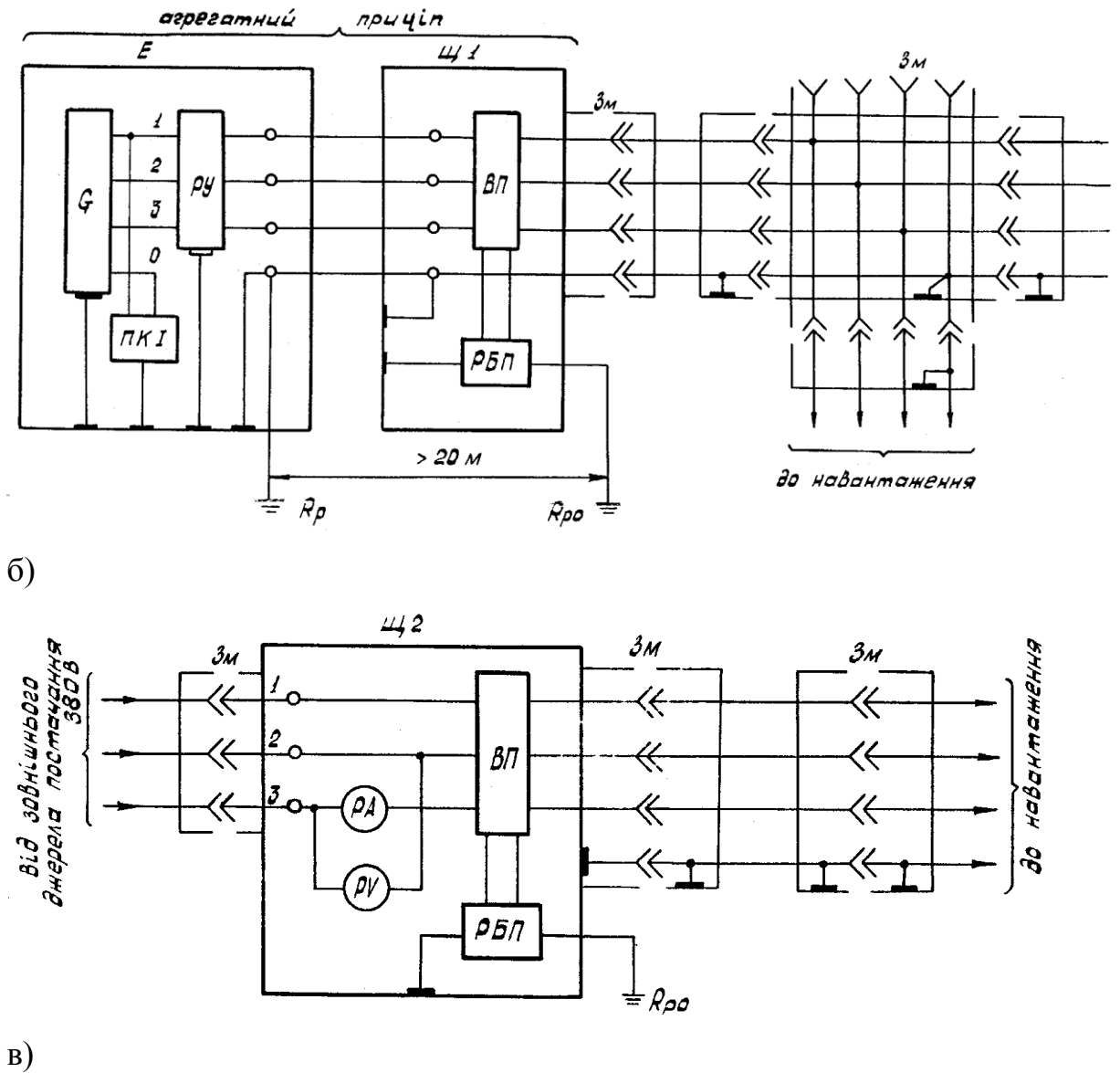


Рисунок 2.5 – Електрична схема системи захисту в інженерних електростанціях: Щ1 – щит розподільчий на агрегатному причепі; Щ2 – щит розподільчий в кузові автомобіля.

В електростанції ЕСБ-8ВІ (рис. 2.5, б, в) застосована основна система технічних способів захисту. У цьому випадку захисний вимикаючий пристрій встановлено на групу електроприймачів. При цьому забезпечено металевий зв'язок корпусів усіх електроприймачів, що захищаються, з корпусом щита Щ1 і з приладом ЗВП. При виникненні небезпечного потенціалу на корпусі одного з електроприймачів відбувається вимикання всієї групи електроприймачів.

В освітлювальних електростанціях (рисунок 2.6) застосована допоміжна система захисту. При відсутності металевих корпусів у кабельній мережі і світильниках (рисунки 2.6, а, б) заземлюється тільки корпус електроагрегату. Металеві корпуси елементів кабельної мережі і світильників (рисунок 2.6, в) мають металевий зв'язок із заземленим корпусом електроагрегату.

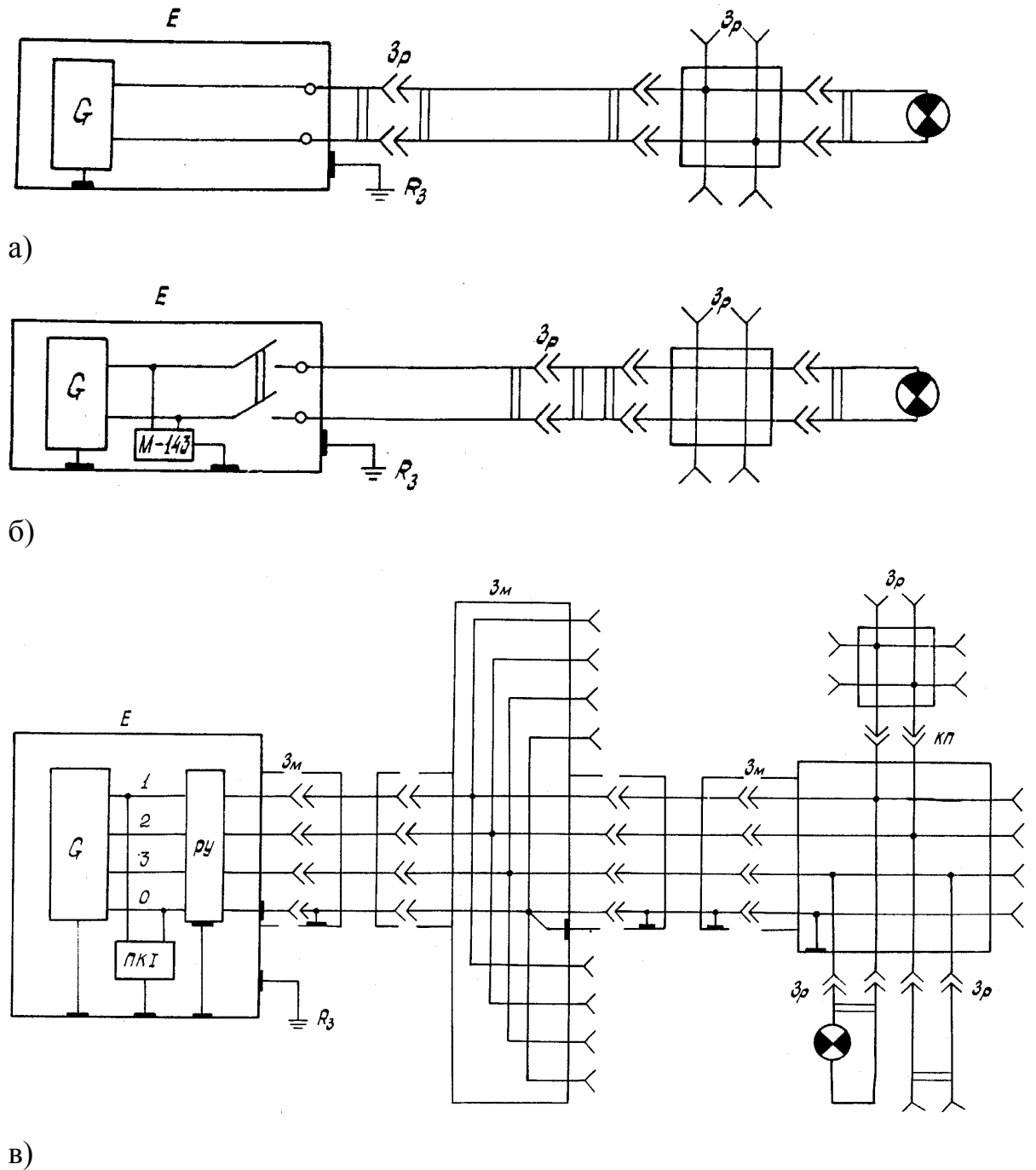


Рисунок 2.6 – Електрична схема захисту в освітлювальних електростанціях:  $Z_p$  – з'єднувач, що має діелектричний корпус; КП – кабель перехідний

### 3 АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ Й ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Згідно з вимогами керівних документів, усі електроустановки у військових частинах, з'єднаннях, установах, організаціях Збройних Сил України та військових навчальних закладах Міністерства оборони України наказами відповідних командирів (начальників) закріплюються за службами, частинами, підрозділами з призначенням відповідальних осіб за організацію їх експлуатації з офіцерів служб частин і підрозділів.

Особи, за кім закріплено, повинні мати електротехнічну освіту або пройти спеціальну підготовку з питань будови наявних електроустановок, правил їх експлуатації та вимог електробезпеки, щоб забезпечити технічно грамотну і безпечну експлуатацію цих установок.

До самостійної роботи на військових електроустановках допускається особовий склад, який пройшов медичний огляд і має відповідну групу з електробезпеки.

Особовий склад, допущений до експлуатації військових електроустановок, повинен:

- знати вимоги Правил безпечної експлуатації військових електроустановок, керівних і експлуатаційних документів відповідно до займаної посади й своїх обов'язків;
- знати будову та принципи роботи електроустановок, що знаходяться в експлуатації, а також машин, механізмів і пристосувань, які при цьому застосовуються;
- твердо знати умови забезпечення безпеки під час виконання конкретних робіт на військових електроустановках;
- мати необхідні практичні навички виконання штатних технологічних операцій на військових електроустановках;
- знати будову, призначення й порядок використання засобів захисту й пожежогасіння та вміти користуватися ними;

– уміти надавати першу допомогу потерпілому від ураження електричним струмом згідно з Правилами надання першої допомоги потерпілому від електричного струму.

Перед призначенням на посаду (під час перевodu на посаду з іншими службовими (посадовими) обов'язками), пов'язану з експлуатацією військових електроустановок, а також у разі перерви в роботі понад 6 місяців, особовий склад зобов'язаний пройти підготовку з будови та безпечної експлуатації військових електроустановок.

Безпосередня підготовка починається з проведення вступного інструктажу.

Проведення інструктажу оформлюється в Журналі обліку проведення інструктажів із правил електробезпеки.

Після вступного інструктажу проводиться первинний інструктаж безпосередньо на робочих місцях. Його проводять енергетик військової частини або особа відповідальна за електрогосподарство військового містечка чи, за їх письмовим розпорядженням – службова (посадова) особа командно-інженерного складу з групою III. Первинний інструктаж проводиться індивідуально, з обов'язковим показом командирами підрозділів (начальниками служб) безпечних прийомів та методів виконання робіт.

Після інструктажу й перевірки якості його засвоєння особовому складу присвоюється I група з електробезпеки й він допускається наказом командира військової частини до підготовки з навчання з питань будови та безпечної експлуатації військових електроустановок. Проведення інструктажу оформлюється в Журналі перевірки знань із правил електробезпеки у особового складу I групи та в Журналі обліку проведення інструктажів із правил електробезпеки.

У процесі підготовки за встановленою програмою особовий склад повинен вивчити:

- Правила безпечної експлуатації військових електроустановок;

- Правила влаштування електроустановок та Правила технічної експлуатації електроустановок у необхідному для даної посади обсязі;
- технічний опис та інструкцію по експлуатації даної електроустановки;

Навчитись:

- виконувати штатні технологічні операції на військових електроустановках;
- використовувати засоби захисту й пожежогасіння;
- надавати першу допомогу потерпілому від ураження електричним струмом.

Особовий склад у ході підготовки для придбання практичних навичок проходить навчання безпечним методам експлуатації на робочому місці і практично працює на військових електроустановках під керівництвом і наглядом досвідченого спеціаліста (того, хто навчає), який має допуск до самостійної роботи на даній військовій електроустановці. Термін навчання:

- для особового складу, який має II групу – не менше 24 годин;
- для особового складу з III групою – не менше 12 годин.
- Після закінчення підготовки і практичного навчання на робочому місці особовий склад проходить у кваліфікаційній комісії з атестування електроспеціалістів військової частини первинну перевірку знань Правил технічної експлуатації та Правил безпечної експлуатації військових електроустановок, технічних описів та інструкцій з експлуатації військових електроустановок, які експлуатуються.

– Кваліфікаційна комісія з атестування електроспеціалістів має право присвоювати групу з електробезпеки не вище тієї, яку мають її члени. Перевірка знань для кожної особи проводиться індивідуально.

Окрім первинної перевірки, в кваліфікаційній комісії військової частини також проводиться періодична (чергова) та позачергова перевірка знань особового складу, який експлуатує військові електроустановки.

## 4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗАХИСТУ ВІЙСЬКОВСЛУЖБОВЦІВ ВІД ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ПРОМИСЛОВОЇ, ВИСОКОЇ І НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ ТА СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ

Джерелами електромагнітних полів, які можуть негативно впливати на військовослужбовців при експлуатації комплексів озброєння та військової техніки є:

- електроустановки;
- лінії передачі високовольтної напруги;
- атмосферна електрика;
- радіовипромінювання;
- електричне та магнітне поле Землі;
- штучні джерела;
- потужні радіомовні та телевізійні станції;
- установки високочастотного нагрівання тощо.

Для аналізу по довжинам електромагнітних полів у таблиці 4.1 наведено основні параметри електромагнітних полів [3]. Електроустановки є джерелами постійних та квазіпостійних електричних і магнітних полів. Джерелами різних видів випромінювань електромагнітної енергії радіочастотного діапазону можуть бути різні вимірювальні, контрольні лабораторії, прилади різноманітного призначення.

Блоки передавачів та їх розподільні фільтри, елементи фідерного тракту та антенні комутатори і їх системи випромінюють електромагнітну енергію в радіоапаратурі. Уся електромагнітна енергія може випромінюватися через люки, оглядові вікна, отвори, жалюзі, щілини, нещільності в елементах хвильовідного тракту.

В установках індукційного нагрівання джерелами випромінювання є індуктори, високочастотні трансформатори, конденсатори, лінії передачі. Напруженість електромагнітного поля, створеного військовослужбовцями,

можуть значно перевищувати напруженість природного електромагнітного поля. На організм військовослужбовця можуть впливати різноманітні радіопередавальні пристрої, лінії електропередачі та електрифіковані транспортні лінії.

Таблиця 4.1 – Розподіл електромагнітних полів по довжинам хвиль, м

Квазіпостійні і постійні електричні та магнітні поля	Електромагнітні поля			
	неіонізуючі		іонізуючі	
	Радіохвилі	Випромінювання оптичного діапазону	Рентгенівське випромінювання, $\gamma$ -випромінювання	Космічне випромінювання
$>10^6$	$10^6 - 10^3$	$10^3 - 10^9$	$10^9 - 10^{14}$	$<10^{14}$

В місцях найбільшого провисання проводів повітряних ліній електропередачі на деякій відстані, приблизно до 5 м від лінії напруженість поля може складати для ліній електропередачі напругою 500 кВ – 8 кВ/м; та 750 кВ – понад 15 кВ/м.

Кожне електромагнітне поле може характеризуватися деякою певною енергією, яка може поширюватися в вільному просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основними параметрами таких хвиль рахуються:

- довжина хвилі  $\lambda$ , м;
- частота коливання  $f$ , Гц;
- швидкість поширення радіохвиль  $c$ , яка практично дорівнює швидкості світла  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

Ці параметри пов'язані між собою наступною залежністю [3]:

$$\lambda = c / f \quad (4.1)$$

Промислова частота електромагнітного поля викликає у військовослужбовців порушення функціонального стану центральної нервової та серцево-судинної систем, та периферичної крові. При цьому спостерігається підвищена стомлюваність, кваліть, головні болі, зниження точності робочих



рухів, виникнення болів в серці тощо. В електроустановках напругою менше 330 кВ дія електромагнітного поля менш значна, яка практично не впливає на організм військовослужбовця.

Основними параметрами електричного поля промислової частоти є потенціал точки поля відносно землі  $\phi$ , кВ та напруженість електричного поля  $E$ , кВ/м. За нормальних умов провисання дротів на лініях надвисокої напруги може складати до 10-13 м, внаслідок чого в 3-5 разів збільшуються параметри електричного поля промислової частоти. Екранувальну дію створюють заземлені опори, і через це поруч з опорами параметри поля в декілька разів менші, ніж на деякому віддаленні від опор. В Таблиці 4.2 наведено такі параметри електричного поля [3].

Таблиця 4.2 – Параметри електричного поля залежно від напруги електроустановки

Електроустановка	Параметри електричного поля при нарузі електроустановки, кВ							
	330		400		500		750	
	$\phi$ , кВ	$E$ , кВ/м	$\phi$ , кВ	$E$ , кВ/м	$\phi$ , кВ	$E$ , кВ/м	$\phi$ , кВ	$E$ , кВ/м
Високовольтні лінії електропередачі	4-7	2-4	6-9	4-6	8-12	8-10	12-37	6-22
Відкриті розподільчі пристрої	3-10	5-7	4-15	5-8	6-20	6-15	10-50	5-30

Примітка: Значення потенціалів та напруги електричного поля вказані на висоті зросту людини (1,8-2 м від землі).

Напруженість електричного поля електроустановок постійного струму  $E_{\text{доп}}$  (кВ/м) в залежності від часу перебування визначається як:

$$E = 60/\sqrt{t}, \quad (4.2)$$

де  $t$  – час впливу, хв.

Напруженість електричного поля електроустановок промислової частоти 50 Гц в залежності від часу перебування визначається як:

$$E = \frac{50}{t+2}, \quad (4.3)$$

Якщо напруженість 5 кВ/м та менше, час знаходження у зоні не обмежено.

Гігієнічні норми часу перебування людини без засобів захисту в електричному полі електроустановок промислової частоти встановлені діючими правилами в залежності від напруженості поля в зоні, де буде знаходитися людина (таблиця 4.3) [3].

Дія електричного поля на організм людини визначається кількістю поглинутої тілом енергії, значенням струму, що проходить через тіло людини, і напруженістю поля в місці перебування людини.

Таблиця 4.3 – Гранично допустимий час перебування людини в електричному полі електроустановок промислової частоти (50 Гц) протягом однієї доби

Напруженість електричного поля, кВ/м	Допустимий час перебування, хв.	Примітка
< 5	Без обмежень	-
5 – 10	≤ 180	Іншу частину робочого дня людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля не перевищує 5 кВ/м
10 – 15	≤ 90	
15 – 20	≤ 10	
20 – 25	≤ 5	

Через тіло військовослужбовця, яке знаходиться в електричному полі, постійно проходить електричний струм до 130 мкА при напрузі електроустановки 500 кВ і до 180 мкА при напрузі 750 кВ.

Допустиме значення зумовленого впливом електричного поля струму, який тривалий час проходить через тіло військовослужбовця, складає 50-60 мкА, що відповідає напруженості електричного поля 5 кВ/м. Межею зони впливу є відстань від струмоведучих частин до точок на поверхні землі, напруженість поля над якими на висоті 1,8 м (рівень голови людини) складає 5 кВ/м. Простір, у якому напруженість електричного поля дорівнює або більше 5 кВ/м, є небезпечною зоною або зоною дії електричного поля.

Виходячи з того, що проаналізовано в роботі ступінь впливу електромагнітного поля на організм військовослужбовця залежить від:

- існуючого діапазону частот;
- інтенсивності та тривалості дії;

- режиму опромінення поверхні тіла;
- характеру випромінювання (неперервне або модульоване);
- індивідуальних особливостей організму військовослужбовця.

Електромагнітні поля можуть викликати зворотні або незворотні функціональні та біологічні ефекти в організмі військовослужбовця.

Функціональні ефекти проявляються у передчасній втомлюваності, частих головних болях, погіршенні сну, порушеннях центральної нервової та серцево-судинної системи. При систематичному опроміненні електромагнітним полем спостерігаються зміни кров'яного тиску, складу крові, сповільнення пульсу, катаракта очей, нервово-психічні захворювання, деякі трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів та інші).

Біологічні ефекти впливу електромагнітного поля проявляються у тепловій та нетепловій дії.

Теплова дія електромагнітного поля призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів та тканин. Таке нагрівання особливо небезпечне для органів із слабкою терморегуляцією (головний мозок, око, нирки, шлунок, кишечник, сім'яники). Ці явища спостерігаються при дії на тканини поля надвисоких частот з інтенсивністю, що перевищує  $4000 \text{ мкВт/см}^2$ , тобто коли кількість електромагнітної енергії, яка перетворилася теплову, перевищує кількість тепла, яке нормально розсіюється тілом.

Нетеплова дія енергії надвисоких частот має місце при опроміненні організму військовослужбовця електромагнітною енергією меншої інтенсивності, але такою, яка перевищує гранично допустимі рівні і приводять до біологічних змін різного ступеня: легкого, який характеризується підвищеною стомлюваністю, головними болями, порушеннями сну; середнього, який супроводжується болями в серці, зміною артеріального тиску, трофічними порушеннями, зниженням статевої потенції; важкого, який виявляється у вигляді сильних головних болів, порушення діяльності нервової системи, зниження пам'яті й уваги, неприємності.

Для безпеки військовослужбовців установлені такі гранично допустимі інтенсивності електромагнітних полів надвисоких частот випромінювання на робочих місцях:

- по електричній складовій – 50 В/м в діапазоні частот від 60 кГц до 3 МГц; 20 В/м – від 3 до 30 МГц; 10 В/м – від 30 до 50 МГц; 5 В/м від 50 до 300 МГц;

- по магнітній складовій – 5 А/м в діапазоні частот від 60 кГц до 1,5 МГц і 0,3 А/м – від 30 до 50 МГц.

Гранично допустиму густину потоку енергії електромагнітного поля в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц на робочих місцях та у місцях можливого знаходження військовослужбовців, пов'язаних з впливом електромагнітного поля, встановлюють виходячи з допустимого значення енергетичного навантаження на організм і часу перебування в зоні опромінення, однак в усіх випадках це навантаження не повинно перевищувати  $10 \text{ Вт/м}^2$ , а при наявності рентгенівського випромінювання або високої температури повітря у робочих приміщеннях (вище  $28^\circ\text{C}$ ) –  $1 \text{ Вт/м}^2$ .

Відповідно до фізіологічних особливостей військовослужбовців, місць розташування та технічних характеристик високовольтних ліній електропередачі і розподільчих пристроїв слід застосовувати наступні рекомендації що до захисту від впливу електричних полів промислової частоти:

- захист за часом або віддаленням;
- захист вибором оптимальних геометричних параметрів високовольтних ліній електропередачі і розподільчих пристроїв;
- захист застосуванням заземлених тросів, стаціонарних пересувних екранувальних пристроїв, екрануючого одягу.

Для підвищення безпеки військовослужбовців пропонується скорочувати час їх перебування в зоні електричного поля промислової частоти, якщо напруженість поля перевищує 5 В/м. При цьому роботу планувати таким чином, щоб враховувалося максимальне віддалення від джерела поля, до такої дальності, де напруженість поля не перевищує допустимого значення. При

цьому допускається працювати на землі в зоні впливу електричного поля на робочих місцях у наступних випадках:

- при роботі на високовольтних лініях напругою 400-500 кВ без обмеження часу в межах 20 м від осі опори будь-якого типу і не більше 90 хв у випадку виконання робіт на прольоті;

- при виконанні високовольтних ліній напругою 750 кВ не більше 180 хв. в межах 30 м від осі проміжної опори і не більше 10 хв. при виконанні робіт у прольоті або поблизу анкерної або кутової опори.

З метою захисту від впливу електричного поля високовольтних ліній пропонується робити санітарно-захисні зони та позначати їх попереджувачими знаками. Пропонується також враховувати наступні значення гранично допустимих рівнів напруженості електричного поля: в середині житлових будинків – 0,5 кВ/м; на території зони житлової забудови – 1 кВ/м; в населеній місцевості (міста, селища, села, території городів та садів) – 5 кВ/м; на ділянках перетину високовольтних ліній з автомобільними дорогами I-IV категорій – 10 кВ/м; в населеній місцевості – 15 кВ/м; та у важкодоступній місцевості – 20 кВ/м.

Рекомендувати обладнувати санітарно-захисні зони повздож трас повітряних ліній електропередачі по обидва їх боки, а для повітряних ліній електропередачі напругою 330 кВ повинна бути межа санітарно-захисної зони в одну сторону 20 м, для 500 кВ – 30 м, для 750 кВ – 40 м, для 1150 кВ – 55м.

Для тих повітряних ліній електропередачі, що проектуються для створення, рекомендувати відстань від їх межі до населених пунктів не меншою 250 м та для повітряних ліній електропередачі напругою 750 кВ; і 300 м – для повітряних ліній електропередачі напругою 1150 кВ.

При напруженості електричного поля де перевищуються гранично допустимі рівні, повинні бути передбачені заходи щодо її зниження шляхом віддалення житлової забудови від високовольтних ліній. Повинні бути скорочені або виключені умови для тривалого перебування військовослужбовців в зоні дії електричного поля.

Військовослужбовці повинні використовувати екрануючий одяг – це індивідуальний захисний засіб, захисні властивості якого ґрунтуються на принципі електростатичного екранування.

Екрануючі костюми як індивідуальний засіб захисту повинні використовуватися при роботах у відкритих розподільних устаткуваннях і на лініях електропередачі напругою 500 і 750 кВ у межах небезпечної зони, тобто на відстані до 30 м від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження електробезпеки на комплексах озброєння та військової техніки розглянуто:

1. Особливості дії струму на тіла військовослужбовців, які є провідниками електричного струму. У результаті дії струму виявлено, що опір тіла військовослужбовця є змінною величиною, що має нелінійну залежність від множини факторів, у тому числі від стану шкіри, параметрів електричного поля, фізіологічних факторів і стану навколишнього середовища.

2. Проведено аналіз технічних способів захисту військовослужбовців на пересувних електроустановках від ураження електричним струмом. Запропоновано опір робочого заземлення пристроїв захисного вимикання використовувати не більше 2000 Ом.

3. Проаналізовано особливості організації безпечної експлуатації військових систем електропостачання й електроустановок.

4. Розроблено рекомендації щодо захисту від дії електромагнітних полів промислової, високої і надвисокої частоти та статичної електрики.

В цілому робота має практичне та теоретичне значення, та може бути використана в навчальному процесі по практичній підготовці майбутніх військових фахівців електротехнічних підрозділів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України “Про схвалення основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період” № 398-р від 14.06.2017.
2. Указ Президента України №555/2015 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року "Про нову редакцію Воєнної доктрини України".
3. Основи електробезпеки та енергонагляду: Підручник. / Кононов Б.Т., Панченко А.М., Лагутін Г.І., Степанюк О.В. – Х.: ХУПС, 2008. – 467 с.
4. Закон України “Про охорону праці”.
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 лютого 2000 року №266 “Про особливості електроенергетичного забезпечення Збройних Сил”.
6. Наказ Міністра оборони України від 21 листопада 2000 року № 446 “Про оголошення Угоди між Міністерством палива та енергетики України і Міністерством оборони України”.
7. Наказ Міністра оборони України від 6 лютого 2001 року № 36 “Про затвердження Інструкції про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій у Збройних Силах України”, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 23 лютого 2001 року за № 169/5360.
8. Наказ Міністра оборони України від 10 липня 2001 року № 239 “Про затвердження Положення про електротехнічну службу та військовий енергетичний нагляд у Збройних Силах України”.
9. Наказ Міністра оборони України від 13.05.2003 р. № 133 “Про затвердження Правил безпечної експлуатації військових електроустановок”.