



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96303** (13) **U**
(51) МПК
G01R 31/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 09440	(72) Винахідник(и): Бондаренко Євгеній Аркадійович (UA), Кутін Василь Михайлович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.08.2014	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.01.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.01.2015, Бюл.№ 2	

(54) СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ НА СТРУМОВЕДУЧИХ ЧАСТИНАХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НАДВИСОКИХ КЛАСІВ НАПРУГИ

(57) Реферат:

Спосіб забезпечення електробезпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок надвисоких класів напруги, в якому роботи під напругою в електроустановках надвисокої напруги здійснюють за наряд-допуском, де зазначають заходи безпеки. Крім цього, перед початком роботи під напругою в електроустановках надвисокої напруги розраховують допустиме значення енергії електричного поля $W_{h,доп}$, поглинутої тілом людини, за формулами:

$$W_{h,доп} = P_{h,доп} \cdot t_{доп},$$

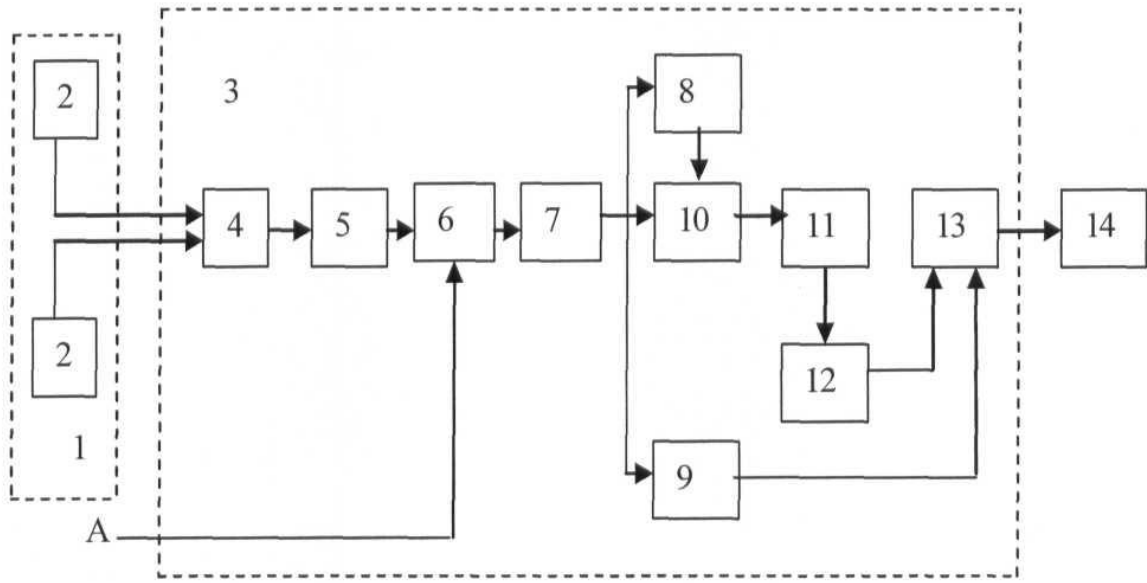
$$P_{h,доп} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho_h \cdot \omega^2 \cdot \epsilon_0^2 \cdot E^2}{3N_a^2},$$

де $P_{h,доп}$ - допустиме значення потужності електричного поля; $t_{доп}$ - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні потужності, г. N_{a1} - коефіцієнт деполаризації еліпсоїду обертання вздовж осі обертання; a , b - півосі витягнутого еліпсоїда обертання; E - напруженість електричного поля, В/м; ρ_h - питомий опір тіла людини, Ом·м; ω - кутова частота, с⁻¹; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, - діелектрична постійна, Ф/м, визначають фактичні масу m_h , та зріст a_h людини, яка буде виконувати роботи на струмоведучих частинах електроустановок,

за допомогою яких розраховують поправковий коефіцієнт за формулою $k_A^{-1} = \frac{a_h^2 \cdot 71,9}{m_h \cdot 1,7^2}$, значення

якого установлюють на перемикачі пристрою неперервного контролю технічного стану комплексу, що екранує, в ході виконання робіт під напругою в електроустановках надвисокої напруги вимірюють енергію, яку поглинає тіло електромонтера, порівнюють виміряне значення енергії з допустимим значенням, при перевищенні виміряного значення енергії над допустимим значенням відключають електроустановку надвисокої напруги в зоні виконання робіт під напругою або подають сигнал про небезпеку.

UA 96303 U



Корисна модель належить до техніки безпеки та охорони праці в енергетиці і може використовуватися для захисту людини від дії електричного поля промислової частоти при проведенні робіт на струмоведучих частинах, які знаходяться під напругою.

Відомо спосіб для забезпечення безпеки людини від дії електричного поля промислової частоти під час експлуатації та обслуговування діючих електроустановок надвисоких класів напруги [Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах: ГОСТ 12.1. 002-84 ССБТ. [Введен 1986-18-12]. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 5 с.], в якому розробляють карту змінення напруженості електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ) в місцях перебування електротехнічного персоналу, використовують засоби захисту, що екранують, від дії електричного поля промислової частоти та обмежують час перебування персоналу в електричному полі промислової частоти електроустановок надвисоких класів напруги з урахуванням вимог електробезпеки.

Недоліком даного способу захисту є те, що напруженість ЕП ПЧ, будучи диференціальною характеристикою поля, неоднозначно визначає вибір захисних засобів (екранів і таке інше) не лише в неоднорідних полях, що характерно для відкритих розподільчих установок надвисокої напруги, роботі на потенціалі проводу, поблизу заземлених конструкцій, а навіть і в полях, близьких до однорідних. Крім цього, сама людина, яка знаходиться в ЕП ПЧ, настільки сильно спотворює зовнішнє поле поблизу себе, що поле, яке діє на людину, часто по дії відрізняється від зовнішнього однорідного поля (наприклад, на висоті голови тіла людини). Погодні умови, рельєф місцевості теж суттєво визначають рівні впливу електромагнітного випромінювання електроустановок НВН, причому відмінності максимальних рівнів можуть досягати цілого порядку. При визначення допустимого часу перебування персоналу в ЕП ПЧ за ГОСТ 12.1.002-84 не враховуються параметри реальної людини (маса, зріст), яка знаходиться в ЕП ПЧ, та взаємозв'язок з кількістю енергії електричного поля, поглинутої її тілом.

За прототип вибрано спосіб забезпечення електробезпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах під напругою [стандарт ГОСТ 12.1.019-79*, група Т58, УДК 621.316,174:658.382.3:006.354, дата введення 1980-01-07, переиздание (апрель 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в октябре 1985 г.], в якому роботи під напругою в електроустановках НВН здійснюють за наряд-допуском, де зазначають заходи безпеки. Для забезпечення безпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок під напругою виконують роботи складом бригади не менше двох осіб, визначають кліматичні умови для проведення робіт, використовують екрануючий комплект одягу (ЕКО), ретельно перевіряють його цілісність, відсутність дефектів, у відповідності з технологічною картою забезпечують безпечно розташування працюючих та пристосувань.

Недоліком даного способу захисту є те, що основним засобом захисту від дії ЕП ПЧ при виконанні робіт під напругою в електроустановках 330-750 кВ є комплект одягу, що екранує (ЕКО). В процесі виконання технологічних операцій електромонтер у комплекті одягу, що екранує, змінює своє положення відносно джерела ЕП ПЧ, тканина, що екранує, з якої виготовлений захисний комплект одягу, може розтягуватися чи стискуватися тим самим безперервно змінюючи опір ЕКО струму розтікання по його поверхні та опір між ЕКО і тілом людини, людина може мати різну масу тіла та зріст. Все це призводить до зміни коефіцієнтів екранування по струму та напруженості ЕП ПЧ. Ненадійним елементом ЕКО є шкарпетки та рукавиці. У процесі їх експлуатації часто обломлюється металева нитка і, відповідно, втрачаються захисні властивості. При цьому напруженість електричного поля на незахищеній ділянці та струми, які проходять через тіло людини, можуть суттєво перевищувати допустимий рівень. Технічний стан захисних властивостей ЕКО, які призначені для робіт в електроустановках 330-750 кВ під напругою, оцінюється при їх виготовленні та експлуатації експериментальним шляхом на спеціально створених полігонах з використанням манекену середнього розміру. При цьому основними величинами, які характеризують захисні властивості ЕКО, є ефективність екранування по напруженості ЕП ПЧ \mathcal{E}_E та ефективність екранування по струму \mathcal{E}_I . Ефективність екранування \mathcal{E}_E показує в скільки разів ЕКО знижує напруженість ЕП ПЧ у даній точці, а \mathcal{E}_I - у скільки разів знижується струм зміщення, який проходить через дану поверхню:

$$\mathcal{E}_E = |E_0|/|E|, \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_I = I_0/I, \quad (2)$$

де $|E_0|$, $|E|$ - модуль вектора напруженості поля у даній точці без використання ЕКО та з використанням ЕКО; I_0 , I - діючі значення електричного струму без використання ЕКО та з його використанням.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення такого способу забезпечення електробезпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок надвисоких класів напруги, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності підвищується рівень електробезпеки роботи під напругою в електроустановках НВН. Поставлена задача вирішується тим, що в зазначеному способі роботи під напругою в електроустановках НВН здійснюють за наряд-допуском, де для забезпечення безпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок під напругою, виконують роботи складом бригади не менше двох осіб, визначають кліматичні умови для проведення робіт, використовують екрануючий комплект одягу (ЕКО), ретельно перевіряють його цілісність, відсутність дефектів, у відповідності з технологічною картою забезпечують безпечне розташування працюючих та пристосувань, крім того, перед початком роботи під напругою в електроустановках НВН розраховують за формулами: допустиме значення енергії електричного поля, поглинутої тілом людини, та поправковий коефіцієнт $k_A = a_h^2 \cdot 719 / m_h \cdot 1,7^2$, який враховує фактичну масу та зріст людини, яка буде виконувати роботи на струмоведучих частинах електроустановок, значення якого установлюють на перемикачі пристрою неперервного контролю технічного стану комплексу, що екранує, в ході виконання робіт під напругою в електроустановках НВН вимірюють енергію, яку поглинає тіло електромонтера, одягненого в ЕКО, за допомогою пристрою неперервного контролю технічного стану ЕКО, порівнюють виміряне значення енергії з допустимим значенням, при перевищенні виміряного значення енергії, що поглинається тілом електромонтера, одягненого в ЕКО, над допустимим значенням енергії, відключають електроустановку надвисокої напруги в зоні виконання робіт під напругою або подають сигнал про небезпеку, при якому електромонтер, одягнений в технічно несправний екрануючий комплект одягу, покидає робоче місце на струмоведучій частині електроустановки надвисокої напруги.

На кресленні представлена структурна схема, яка пояснює здійснення способу неперервного контролю технічного стану комплексу одягу, що екранує. Пристрій неперервного контролю технічного стану комплексу, що екранує складається з сенсора струму 1; блока контролю енергії, поглинутої тілом людини 3, який знаходиться на поясі людини, вхід якого з'єднаний з виходом сенсора струму, сигнального органу 14, що облаштовується з внутрішньої сторони захисної каски, вхід якого приєднаний до виходу блока 3.

Сенсор струму зміщення I_h , наведеного на людині в електричному полі, має оригінальну конструкцію у вигляді шкарпеток 2, що мають три шари, внутрішній та зовнішній шари яких виконані з електропровідної тканини, а внутрішній шар - з ізолюваної тканини. Блок контролю енергії 3, поглинутої тілом людини, складається з компенсаційного вимірювального трансформатора 4, який дозволяє вимірювати величину струму зміщення I_h , що тече по тілу людини, випрямляча 5, дільника напруги 6, квадратора 7, компараторів 8 і 9, аналогового ключа 10, перший вхід якого підключається до виходу квадратора 7, а другий - до компаратора 8 і вихід до перетворювача напруги в частоту 11; лічильник імпульсів 12; логічний елемент АБО 13, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого компаратора 9. У випадку підвищення рівня сигналу над еталонним спрацьовує блок 14, який видає команду на відключення електроустановки НВН в зоні виробництва робіт під напругою або сигнал небезпеки, при якому електромонтер, одягнений в технічно несправний екрануючий комплект одягу, покидає робоче місце на струмоведучій частині електроустановки надвисокої напруги.

Спосіб здійснюється наступним чином. Роботи під напругою в електроустановках НВН здійснюються за наряд-допуском, в якому зазначають заходи безпеки. Для забезпечення безпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок під напругою виконують роботи складом бригади не менше двох осіб, визначають кліматичні умови для проведення робіт, використовують комплект одягу, що екранує, ретельно перевіряють його цілісність, відсутність дефектів, у відповідності з технологічною картою забезпечують безпечне розташування працюючих та пристосувань.

Перед початком роботи під напругою в електроустановках НВН розраховують допустиме значення енергії електричного поля $W_{h, доп}$, поглинутої тілом людини, за формулами (3) та (4):

$$W_{h, доп} = P_{h, доп} \cdot t_{доп}, \quad (3)$$

де $P_{h, доп.}$ - допустиме значення потужності електричного поля, що розсіюється в тілі людини;
 $t_{доп.}$ - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні потужності, що поглинається тілом людини, г.

5 Величину допустимої потужності промислової частоти $P_{h, доп.}$ у Вт, яка поглинається тілом людини, можна отримати з виразу

$$P_{h, доп.} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho_h \cdot \omega^2 \cdot \epsilon_0^2 \cdot E^2}{3N_a^2}, \quad (4)$$

де N_a - коефіцієнт деполаризації еліпсоїду обертання вздовж осі обертання (тобто a), який еквівалентний об'єму тілу людини; a , b - півосі витягнутого еліпсоїда обертання, що відповідає розмірам тіла людини; E - напруженість електричного поля, В/м; ρ_h - питомий опір тіла людини,

10 Ом·м; ω - кутова частота, с⁻¹; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, - діелектрична постійна, Ф/м.

Значення допустимої потужності $P_{h, доп.}$ та енергії (для параметрів середнього тіла людини: масою 71,9 кг, $a = 1,7$ м, $b=0,14$ м, $\rho_h=200$ Ом·м), що пропонуються, наведені у таблиці.

Таблиця

Допустимі значення часу перебування людини в ЕП ПЧ та енергії електричного поля, поглинутої тілом людини для різних значень E , I_h , P_h

E , кВ/м	I_h , мкА	P_h , мкВт	$t_{доп.}$, год.	$W_{h, доп.}$, Дж
5	58	12	8	0,36
10	115	50	2	0,36
15	173	110	0,9	0,36
20	230	200	0,5	0,36
25	288	300	0,33	0,36

15 Перед підйомом на струмоведучі частини електроустановок, що знаходяться під напругою, визначають дійсний ріст людини a_h та його масу m_h і визначають відношення $a_h^2 \cdot 71,9 / m_h \cdot 1,7^2$, значення якого установлюється на перемикачі (вхід А) пристрою неперервного контролю технічного стану комплексу, що екранує.

20 В ході виконання робіт під напругою в електроустановках НВН за допомогою пристрою неперервного контролю технічного стану ЕКО вимірюють енергію, яку поглинає тіло електромонтера, одягненого в ЕКО.

Вираз для енергії електричного поля, наведеного на еліпсоїді, який замінює по об'єму тіло людини, одягненої в ЕКО, можна записати як

$$W_h^k = j^2 V_h \rho_h t, \quad (5)$$

25 де $j = I_h^k / S_{осн}$ - щільність струму в еліпсоїді, еквівалентному за об'ємом тілу людини;

$V_h = \frac{4}{3} \pi a_2 b_2^2$ - об'єм тіла людини; ρ_h - питомий опір тіла людини, Ом·м; t - проміжок часу, протягом якого людина знаходиться в електричному полі.

Припускаючи з деяким допущенням $S_{осн} = \pi \cdot b_2^2$, отримаємо

$$W_h^k = \frac{4}{3} \cdot \frac{a_2 \rho_h}{\pi b_2^2} \cdot I_h^k \cdot t \quad (6)$$

30 З урахуванням того, що $b_2^2 = \frac{4}{3} \frac{m_h}{\pi a_2 \rho}$,

де m_h - маса тіла людини; ρ - питома щільність тіла людини і зріст людини $a_h = 2a_2$, з виразу (4) маємо:

$$W_h^k = R_h \cdot I_h^k \cdot t, \quad (7)$$

де $R_h = \left(\frac{4}{9} \rho_h \cdot \rho \cdot a_h^2 \right) / m_h$ - опір тіла людини.

Для людини значення питомої щільності можна прийняти $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$, $\rho_h = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ тоді $R_h = 933333 \cdot a_h^2 / m_h$

$$W_h^k = 933333 \cdot \frac{a_h^2}{m_h} \cdot I_h^2 \cdot t \quad (8)$$

5 При знаходженні людини в електричному полі, крізь тіло людини постійно буде проходити струм, значення якого буде залежати від напруженості ЕП ПЧ. Так як внутрішній та зовнішній шари шарпеток 2 виконані з електропровідної тканини, а внутрішній шар - з ізолюваної тканини, то весь струм I_h , який протікає по тілу людини, буде надходити на входи компенсаційного трансформатора 4. При цьому на вхід первинної обмотки буде надходити

10 струм I_{h1} , а на вхід іншої - I_{h2} . Величина вихідної напруги компенсаційного трансформатора пропорційна струму, який проходить крізь тіло людини, яка знаходиться в ЕП ПЧ.

Далі сигнал надходить на вхід випрямляча 5. Випрямлений сигнал надходить на перший вхід дільника напруги 6, принципова схема якого може бути виконана аналогічно підсилювачу з коефіцієнтом підсилення, що регулюється. На другому вході А дільника напруги 6

15 установлюється коефіцієнт передачі $k_A^{-1} = \frac{a_h^2 \cdot 71,9}{m_h \cdot 1,7^2}$.

Далі сигнал надходить на вхід квадратора 7, де він підноситься до квадрата і надходить на входи компараторів 8, 9 і аналогового ключа 10. Робота пристрою буде залежати від значення потужності, яка розсіюється у тілі людини $R_h = k_A^{-1} \cdot R_h \cdot I_h^2$. Якщо значення $P_h \leq 2 \text{ мкВт}$, то компаратори не спрацьовують. Якщо $12 \text{ мкВт} < P_h \leq 300 \text{ мкВт}$, то рівень напруги буде такий, що

20 спрацьовує компаратор 8 і дає сигнал на включення аналогового ключа 10. Сигнал з виходу квадратора 7 надходить на функціональний перетворювач напруги в частоту 11 по лінійному закону. Частота імпульсів буде визначатися величиною сигналу на вході перетворювача 11, яке відповідає певному значенню P_h .

Після підрахунку імпульсів лічильником імпульсів 12, на виході лічильника з'являється

25 логічна одиниця, яка надходить до логічного елемента АБО 13 і запускає блок 14.

При $P_h > 300 \text{ мкВт}$ спрацьовує компаратор 9 і через логічний елемент 13 запускає блок 14, який дає команду на відключення електроустановки НВН в зоні виконання робіт під напругою або подає сигнал про небезпеку, при якому електрик, одягнений в технічно несправний екрануючий комплект одягу, покидає робоче місце на струмоведучій частині електроустановки

30 надвисокої напруги.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб забезпечення електробезпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах

35 електроустановок надвисоких класів напруги, в якому роботи під напругою в електроустановках надвисокої напруги здійснюються за наряд-допуском, де зазначають заходи безпеки, для забезпечення безпеки при виконанні робіт на струмоведучих частинах електроустановок під напругою виконують роботи складом бригади не менше двох осіб, визначають кліматичні умови для проведення робіт, використовують екрануючий комплект одягу, ретельно перевіряють його

40 цілісність, відсутність дефектів, у відповідності з технологічною картою забезпечують безпечне розташування працюючих та пристосувань, який **відрізняється** тим, що перед початком роботи під напругою в електроустановках надвисокої напруги розраховують допустиме значення енергії електричного поля $W_{h,доп}$, поглинутої тілом людини, за формулами:

$$W_{h,доп} = P_{h,доп} \cdot t_{доп},$$

45
$$P_{h,доп} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho_h \cdot \omega^2 \cdot \epsilon_0^2 \cdot E^2}{3N_a^2},$$

де $P_{h,доп}$ - допустиме значення потужності електричного поля, що розсіюється в тілі людини; $t_{доп}$ - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні потужності, що поглинається тілом людини, г. N_{a1} - коефіцієнт деполаризації еліпсоїда обертання вздовж осі обертання (тобто а), який еквівалентний об'єму тілу людини; а, b - півосі витягнутого еліпсоїда

обертання, що відповідає розмірам тіла людини; E - напруженість електричного поля, В/м; ρ_h - питомий опір тіла людини, Ом·м; ω - кутова частота, с⁻¹; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, - діелектрична постійна, Ф/м, визначають фактичні масу m_h , та зріст a_h людини, яка буде виконувати роботи на струмоведучих частинах електроустановок, за допомогою яких розраховують поправковий

5 коефіцієнт за формулою $k_A^{-1} = \frac{a_h^2 \cdot 71,9}{m_h \cdot 1,7^2}$, значення якого установлюють на перемикачі пристрою

неперервного контролю технічного стану комплексу, що екранує, в ході виконання робіт під напругою в електроустановках надвисокої напруги вимірюють енергію, яку поглинає тіло електромонтера, одягненого в екрануючий комплект одягу, за допомогою пристрою неперервного контролю технічного стану екрануючого комплексу одягу, порівнюють виміряне значення енергії з допустимим значенням, при перевищенні виміряного значення енергії, що поглинається тілом електромонтера, одягненого в екрануючий комплект одягу, над допустимим значенням енергії, відключають електроустановку надвисокої напруги в зоні виконання робіт під напругою або подають сигнал про небезпеку, при якому електромонтер, одягнений в технічно несправний екрануючий комплект одягу, покидає робоче місце на струмоведучій частині електроустановки надвисокої напруги.

