



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 62625

(13) A

(51) 7 H01B7/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СИЛОВИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ КАБЕЛЬ

1

2

(21) 2003043480

(22) 17 04 2003

(24) 15 12 2003

(46) 15 12 2003, Бюл. № 12, 2003 р.

(72) Брюханов Олександр Михайлович, Демченко  
Олег Олександрович, Муфель Лев Абрамович,  
Мартинів Миколай Петрович, Мартинів Во-  
лодимир Миколайович(73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІВСЬКИЙ НАУКОВО-  
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ В ГІР-  
НИЧІЙ ПРОМИСЛОВOSTI(57) Силовий електричний кабель, переважно для  
трифазного електропостачання, що містить не  
менше трьох основних струмопровідних жил в ізо-  
ляції, неізольовану заземляючу й ізольовані конт-  
рольні жили, який відрізняється тим, що кожна  
струмопровідна жила виконана з n проводів, при  
цьому кожний провід має ізоляцію

Винахід належить до галузі електротехніки і  
призначений для електропостачання трифазних  
струмоприймачів

Гнучкі силові кабелі, що випускаються для ву-  
гільної промисловості, є самим ненадійним елеме-  
нтом системи електропостачання через низьку  
механічну міцність. У процесі експлуатації кабелів  
найбільш часті такі uszkodження, що викликають  
іскроутворення, коротке замикання чи обривання  
жил і струми витоків в жилах у результаті зниження  
опору ізоляції.

Залежно від галузі застосування, кабелі мають  
розходження в скручуванні жил, матеріалах, вико-  
ристовуваних для ізоляції жил і захисної оболонки,  
а також у формі (кругла, сегментна, секторна)  
струмоведучих жил (див. Д.С. Бачеліс,  
Н.І. Белоруссов, А.Є. Саакян "Електричні кабелі,  
проводи і шнури. М. Енергія, 1971, 704с із іл.)  
Багатодотові струмопровідні жили (СПЖ), як пра-  
вило, виготовляють зі скручених між собою окре-

мих стренг і відрізняються вони лише класом (діа-  
метром) дроту.

Відомий кабель силовий гнучкий екранований  
шахтний типу КГЕШ, що містить три основні жили,  
три контрольні й одну, що заземлює, жилу. Жила,  
що заземлює, прокладена по осі кабелю, а навко-  
ло неї скручені основні і контрольні жили. Поверх  
скрутки струмопровідних жил послідовно накладе-  
но обмотку з поліетиленерефталатної плівки і  
зовнішня захисна оболонка СПЖ утворено з  
окремих стренг, кожен з яких, у свою чергу, утво-  
рено скрученими між собою окремими дротами. У  
основних жилах поверх ізоляції накладають ек-  
ранний шар (див. Проспект "Шахтні кабелі", завод  
"Камкабель", Росія).

Переріз мідної жили вибирають залежно від  
струму, що протікає в електричному колі, що роз-  
глядається. У таблиці наведено значення щільно-  
сті струму 1 гранично припустимого струму в осно-  
вних жилах залежно від їхнього перерізу.

Таблиця

Струмові навантаження основних жил

Номинальний переріз основних жил, мм <sup>2</sup>	Гранично припустимий струм в жилі, А	Щільність струму, А/мм <sup>2</sup>
1	2	3
1,0	16	16,0
1,5	22	14,6
2,5	32	12,8

(13) A

(11) 62625

(19) UA

1	2	3
4	45	11,25
6	58	9,6
10	75	7,5
16	105	6,58
25	136	5,44
35	168	4,8
50	200	4,0
70	250	3,57
95	300	3,15

З таблиці випливає, що зі збільшенням перерізу жил, струм зростає незначно, однак істотно зменшується його щільність. Ці дані вказують на доцільність формування жили з декількох окремих проводів малого перерізу.

Аналізуючи конструкції струмопровідних жил і їх електричні характеристики з погляду струмопровідності (див. табл.), можна виділити такі недоліки відомого кабелю, який обрано як прототип.

1 Недостатня механічна міцність кабелю внаслідок браку рухливості між окремими стренгами, з яких утворено СПЖ. Це відбувається в зв'язку з наявністю тертя між дротами стренг.

2 Великий струм короткого замикання, причиною якого є збільшені перерізи СПЖ, у разі замикання між ними, приведе до пожеж і вибухів у шахтах, (см. Інструкцію з визначення струмів короткого замикання, вибору і перевірок уставок максимального токового захисту в мережах напругою до 1200В ДНАОП 1.1.30-5.30-96).

3 Малоєфективне використання жил по струму при заданих перерізах, що призводить до необґрунтованих витрат міді.

У основу винаходу поставлено завдання створення силового електричного кабелю для трифазного електропостачання, у якому нова конструкція основних струмопровідних жил дозволяє забезпечити його механічну та діелектричну міцність, а також знизити металоемність і одночасно збільшити струмове навантаження при стандартних перерізах основних жил.

Поставлене завдання розв'язується за рахунок того, що в силовому електричному кабелі, переважно для трифазного електропостачання, що містить не менш трьох основних струмопровідних жил в ізоляції, неізольовану заземляючу й ізольовані контрольні жили, відповідно до винаходу, кожна струмопровідна жила виконана з "n" проводів, при цьому кожен провід має ізоляцію.

У заявленому технічному рішенні вперше запропоноване СПЖ набирати з окремих проводів в ізоляції, що поміщають потім у загальну захисну оболонку з ізолюючого матеріалу.

На фіг. наведено поперечний переріз запропонованого кабелю.

Кабель містить не менш трьох основних жил 1 (на фіг. показано три СПЖ) із спільною ізоляцією 2, кожна з яких, у свою чергу, утворена з "n" проводів 3 в ізоляції 4, трьох контрольних жил 5 в ізоляції 6 (кількість контрольних жил може бути більше). Поверх ізоляції СПЖ накладено екранний шар 7, по осі кабелю прокладено жилу 8, що

заземлює, без ізоляції. Щодо скручування основних і контрольних жил послідовно накладено шар з поліетилентерафталатної плівки 9 і зовнішня захисна оболонка 10.

У такій конструкції досягається геометрична стабільність жил у кабелі. СПЖ формують з використанням проводів, як правило, однакового перерізу. Можливий варіант, коли декілька проводів може бути більшого перерізу в порівнянні з іншими. Під час набирання проводів із різним перерізом, СПЖ утворюють за рахунок розміщення проводів більшого перерізу по осі жили, а потім навколо неї роблять скручування інших проводів. Для гнучких кабелів рекомендуються використовувати проводи перерізом від 1,0 до 25 мм<sup>2</sup>. Для особливо небезпечних умов експлуатації екранний шар може накладатися як поверх ізоляції кожного проводу, так і зверху спільної ізоляції СПЖ.

Як видно з таблиці у такій багатопровідній жилі досягається максимальна струмопровідність, що й показали проведені в МакНДІ дослідження. Припустимо струмове навантаження на кабель збільшено на 30-40% у порівнянні з такою же перерізом жил відомого, і, тим самим, знижені витрати міді при виробництві кабелю.

Фізичне обґрунтування поліпшення струмопровідності заявленої конструкції СПЖ полягає в такому.

При проходженні перемінного струму по кожній фазі (проводу) як усередині проводу, так і поза нього, існує перемінне магнітне поле, причому це поле неоднаково розподіляється по перерізу проводу. Частину проводів, розташовану в центральних перерізах проводу чи кабелю, охоплені всіма лініями магнітної індукції, а провід зовнішнього повітря охоплено лише лініями, що проходять поза проводом. При зміні струму в проводі міняється і магнітний потік у ньому. У результаті цього в проволочках проводу виникають індуковані ЕРС, значення яких тим більше, чим більше магнітний потік, зчеплений із дротом, тобто ближче до центра перерізу жили. Тому щільність струму в центральних дротах буде менше, ніж у поверхні проводу. Це викликано збільшенням активного опору в частині дротів, розташованих у центрі жили.

Нерівномірний розподіл щільності струму по перерізу проводу зветься поверхневим ефектом (ПЕ). Цей ефект підсилюється зі збільшенням радіуса жили  $r$ , магнітної проникності  $\mu$  і питомої провідності  $\gamma$  матеріалу жили. Це пояснюється

тим, що збільшення  $\mu$  викликає збільшення потоку усередині проводу, а збільшення  $\gamma$  і  $\tau$  підсилює вплив ЕРС індукції

Коефіцієнт вихрових струмів дорівнює

$$K = \sqrt{\omega \mu \gamma},$$

де  $\mu = 4\pi 10^7$  Гн/м

В алюмінієвих проводах ПЕ позначається менш, ніж у мідних, оскільки  $\gamma_a < \gamma_m$

$$\gamma_m = 58 \times 10^{-6} \text{ см/м}, \gamma_a = 38 \times 10^{-6} \text{ см/м}$$

При частоті 50 Гц у мідних струмопровідних жилах діаметром до 10 мм можна зневажити підвищенням опору, викликаним ПЕ. З впливом ПЕ слід рахуватися при перерізах більше 35 мм<sup>2</sup> (діаметр жили складає 9,05 мм)

Сказане підтверджується глибиною проникнення струму ( $\theta$ ) у струмопровідну жилу, що визначається відповідно до залежності

$$\theta = 66,68 \times 1 / \sqrt{f},$$

при  $f=50$  Гц,  $\theta = 9,43$  мм

Для зменшення негативної дії поверхневого ефекту в новому рішенні СГЖ утворюють з окремих проводів малого перерізу (не більше 25 мм<sup>2</sup>)

З використанням у жилі окремих проводів малого перерізу різко знижується активний опір кожного проводу, який зменшується в "n" раз, виходячи зі співвідношення  $n=S_1/S_2$  при інших однакових умовах ( $\gamma_1 = \gamma_2$ ,  $l_1 = l_2$ ), де  $S_1$  - переріз

відомої жили,  $S_2$  - переріз одного проводу, що складає жилу. Так, якщо  $S_1=50$  мм<sup>2</sup>,  $S_2=2,5$  мм<sup>2</sup>, то  $n=20$ , і,  $l_1$ ,  $l_2$  - довжина кабелю,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  - питомий опір міді

За допомогою цього параметра досягається зниження струму короткого замикання ( $k_3$ ) у випадку замикання проводів різних жил до значень пускового струму електродвигунів навіть при потужності трансформаторних підстанцій 630 кВА, що забезпечує безпеку застосування електричної енергії в аварійному режимі в умовах шахт, небезпечних за газом чи пилом

Проводи, з яких виготовлено силові СГЖ кабелю, мають можливість вільно переміщатися в будь-якому напрямку і демпфувати, внаслідок наявності ізоляції на кожному проводі. Ці показники, як відомо, визначають механічну міцність при вигинах і розтяганні, а також стійкість до дії навантажень, що продавлюють

Ізоляція на проводах, з яких утворена жила, і ізоляція на спільному скручуванні СГЖ поліпшують як механічну, так і електричну міцність основних жил, а також їхню стійкість до дії води. Тому кабель з такою конструкцією СГЖ має підвищену експлуатаційну надійність

У цілому запропонований кабель із СГЖ нової конструкції має механічну міцність, підвищені електричні параметри й експлуатаційні характеристики

