

Рижков Вадим Генієвич, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-0768-544X

Бєлоконь Карина Володимирівна, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-2000-4052

Манідіна Євгенія Анатоліївна, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-4090-9991

Фоміна Надія Валеріївна, магістрант, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА У ЧОРНІЙ МЕТАЛУРГІЇ: ОСОБЛИВОСТІ, ЕРГОНОМІКА РОБОЧОГО МІСЦЯ, ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

Електротравми на виробництві відрізняються високою летальністю, що вимагає ретельного виконання правил і норм електробезпеки, застосування захисних засобів. Будь-яке металургійне підприємство має розгалужені електричні мережі, значну кількість електроспоживачів з лінійною напругою 380, 660 і 6000 В. Окрім того сюди додаються несприятливі умови праці та наявність факторів підвищеної та особливої небезпеки ураження струмом. Все перелічене пред'являє підвищені вимоги до електробезпеки. Для електродвигунів, що працюють у приміщеннях гарячих цехів або в інших приміщеннях з високою температурою повітря, потрібно вживати заходів із запобігання можливості їх нагрівання вище припустимого рівня, яке здійснюється шляхом застосування відповідного виконання двигунів. Використовують два види виконання електродвигуни, що продуваються (охолоджувальне повітря надходить всередину від власного або спеціально встановленого вентилятора), закриті електродвигуни, яких обдувають (повітря подають від вентилятора, розташованого зовні машини). Правильна організація робочого місця з точки зору електробезпеки має особливе значення для приміщень металургійних цехів. Перш за все потрібно витримувати нормативну відстань до струмовідних частин і дотримуватися правил виконання робіт на електроустановках. Важливе значення для безпеки має стан ізоляції. Сучасні прилади контролю ізоляції вимірюють як опір ізоляції, так і ступінь її старіння, а також зволоженість). Як матеріал для електроізоляції за умови високої температури зараз використовують локотканини, кремнійорганічні матеріали, склотканини. Як електрозахисний засіб все ширше застосовують підставки зі склопластику. Для запобігання аварійного режиму роботи електродвигунів фахівці рекомендують встановлювати апарати захисту типу РТТ, РТЛ і УВТЗ.

Ключові слова: електробезпека, ергономіка, прилади контролю, електроізоляція, ізолюючі підставки, апарати захисту

Вступ. Гарячі цехи металургійних підприємств, як правило, належать до особливо небезпечних приміщень з точки зору ураження електричним струмом через присутність таких ознак підвищеної небезпеки: висока температура повітря, наявність струмопровідної підлоги та струмопровідного пилу. Інші цехи або ділянки мають хімічно активне середовище (травильні відділення), можуть мати вибухонебезпечні зони різних класів (газовий цех). Все це пред'являє підвищені вимоги до електрообладнання та засобів захисту від ураження струмом.

Особливості електробезпеки у металургії. Для електродвигунів, що встановлюють у приміщеннях з температурою повітря більше ніж 313 К, потрібно вживати заходів із

запобігання можливості їх неприпустимого нагрівання. Це можуть бути електродвигуни, що продуваються – охолоджуюче повітря (або інертний газ) надходить всередину від власного або спеціально встановленого вентилятора трубами, приєднаними до патрубків обладнання. Другий варіант – закриті електродвигуни, які забезпечені вентиляційним пристроєм для обдування його зовнішніх поверхонь. Повітря подають від вентилятора, розташованого зовні машини та захищеного кожухом. Для перемішування повітря всередині машини на її роторі відливають лопатки або встановлюють внутрішній вентилятор [1].

Згідно роботи [2] у приміщеннях з підвищеним пиловидаленням електропроводку та електропускові пристрої потрібно виконувати з урахуванням вологого прибирання приміщень. У цих приміщеннях потрібно забезпечувати підпір повітря не менше ніж 50 Па. У разі неможливості організації підпору повітря електрообладнання потрібно застосовувати у пилонепроникному (пилозахищеному) виконанні.

В електромашинних приміщеннях потрібно прибирати пил з електрообладнанням пиლოსосом.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом та забезпечення безпечної роботи обладнання за умови регулярного вологого прибирання приміщень шафи, пульти та пристрої управління (яких виготовляють промисловістю у водонезахищеному виконанні) потрібно розміщувати в окремих приміщеннях.

У разі розміщення електрообладнання безпосередньо у виробничих приміщеннях повинні бути передбачені заходи із захисту їх від потрапляння вологи (захисні екрани, перегородки, підставки тощо).

Електродвигуни, що встановлюються на відкритому повітрі та в приміщеннях, де можливе осідання на їх обмотках пилу та інших речовин, що порушують природне охолодження, повинні мати виконання не менш ніж IP54.

Електродвигуни, що встановлюють у вологих або особливо вологих місцях, повинно мати виконання не нижче IP54 та ізоляцію, розраховану на дію вологи та пилу.

Ергономіка робочого місця. Правильна організація робочого місця має значення для будь-яких робіт і робочих приміщень. Проте особливе значення ергономічні вимоги набувають для приміщень, які, з одного боку, є особливо небезпечними з точки зору ураження струмом, а, з другого боку, мають в наявності небезпечні та шкідливі фактори, що характерні для багатьох металургійних цехів (висока температура повітря та навколишніх поверхонь, інтенсивне інфрачервоне випромінювання, розплавлені та розжарені матеріали, запиленість повітря, наявність у повітрі шкідливих речовин тощо).

Відстань від струмовідних частин, що перебувають під напругою, має бути не менше за нормативних значень. Наприклад для напруги 6 кВ (що застосовують для живлення потужних електродвигунів) – 0,6 м [3].

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них потрібно:

- обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, таі до яких є можливим випадковий дотик;
- працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі;
- застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками [3].

Прилади контролю. Для контролю ізоляції в установках змінного струму розроблено багато різних пристроїв і приладів. Деякі з них дають змогу вести безперервний

контроль стану ізоляції за наявності та відсутності напруги в мережі. Під час зниження опору ізоляції нижче допустимої межі подається світловий або звуковий сигнал.

Стан ізоляції трифазної мережі змінного струму, що знаходиться під напругою, перевіряють також накладенням постійного вимірювального струму. На рис. 1 зображено схему контролю ізоляції трифазної мережі за допомогою постійної складової струму витoku. Електричний опір ізоляції кожної фази умовно показано на схемі резисторами R_{i3} .

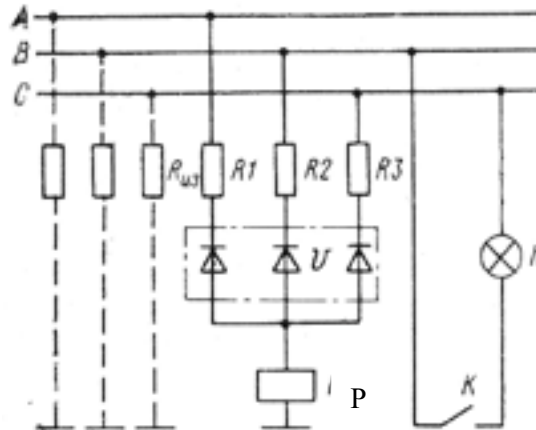


Рисунок 1 – Схема сигналізації про стан ізоляції в мережах трифазної системи змінного струму:

A, B, C – фази; R_{i3} – опір ізоляції; R1, R2, R3 – резистори; v – фільтр змінної складової струму; РК – реле контролю; К – контакт реле; Н – сигнальна лампа

Якісна ізоляція трифазної мережі має однакові (симетричні) опори в кожній фазі. За таких умов потенціал нульової точки відносно землі дорівнює нулю і струм витoku на землю є відсутнім. Як тільки опір будь-якої фази зменшиться, через реле контролю РК потече струм, і по досягненні встановленого значення струму спрацювання реле включає світловий сигнал Н.

Як джерело вимірювального постійного струму може служити трансформатор з випрямлячем. Пристрій, зображений на рис. 2, дозволяє вимірювати опір ізоляції трифазних мереж, що знаходяться під напругою і без напруги. Випрямлений струм протікає через вимірювальний прилад $r\Omega$, ізоляцію трифазної мережі та землю.

Джерелом оперативного струму є трансформатор Т, що живиться від однофазної мережі X1, X2. Вентилі V1, V2 випрямляють струм, конденсатор C1 і резистор R1 служать для згладжування пульсацій випрямленого струму. Послідовно з вимірювальним приладом включено реле К, яке подає сигнал за досягнення встановленого значення струму спрацювання. Струм на землю в трифазних мережах може проходити не тільки через ізоляцію, а й внаслідок ємності кабельних мереж C2. Вимірювальний струм у схемі, що наведено на рис. 2, залежить тільки від опору ізоляції мережі [4].

Сучасні прилади контролю ізоляції є універсальними. Так, наприклад, прилад МІС-2500 дає змогу вимірювати як опір ізоляції кабельних ліній, проводів, обмоток трансформаторів, двигунів, інших електро- і телекомунікаційних установок, так і ступінь старіння ізоляції та її зволоженість [5].

Тенденції розвитку. Ізоляція. Як матеріал для електроізоляції при високих температурах раніше широко використовували азбест. Наказом МОЗ № 339 від 29.03.2017 заборонено «виробництво та використання азбесту незалежно від його виду та азбестовмісних виробів і матеріалів у технологічних процесах та під час виконання будівельно-монтажних робіт» завдяки його канцерогенним властивостям [6]. Київським

апеляційним адміністративним судом 7 серпня 2018 року скасовано реєстрацію зазначеного вище наказу МОЗ [7].

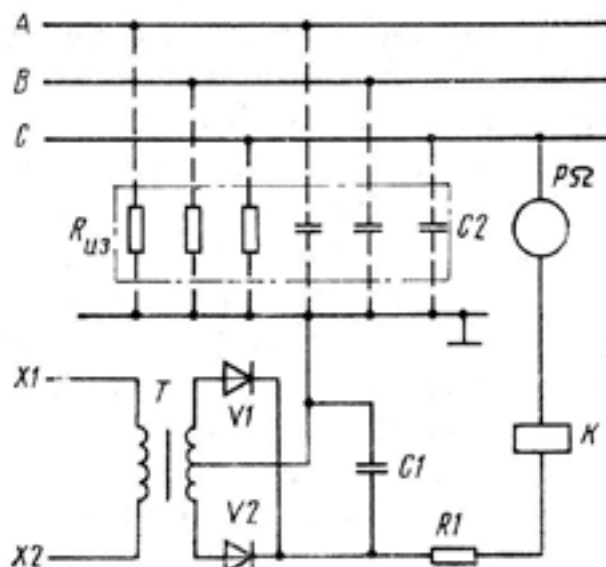


Рисунок 2 – Схема контролю опору ізоляції трифазної мережі

Головними видами азбесту, які людство використовує в своїх цілях є амфібол і хризотил. Головною небезпекою для людини, зокрема, його дихальної системи, становить амфіболовий азбест, заборонений в наш час для видобутку та використання. Хризотил, який застосовують в Україні, вважається відносно безпечним під час контрольованого використання [8].

Проте, деякі фахівці мають думку, що хризотил, хоча є менш небезпечним, ніж амфібол, теж спричинює рак, тільки з меншою ймовірністю і не так швидко. Окрім того, вдихання хризолітового пилу спричинює азбестоз, мезотеліому плеври та деякі інші захворювання [9].

Тому за умов впливу на ізоляцію високої температури, розплавлених чи розжарених матеріалів, доцільніше застосовувати технічну кераміку, кремнеземні тканини та термостійкі пластмаси.

Еластичні гнучкі лакотканини спеціально просочують рідиною, яка підвищує ізоляційні властивості. Так лакотканини на основі бавовни, шовку, капрону з просоченням здатні витримувати температури до 378 K і відносяться до групи А. Їх електрична міцність варіює в діапазоні від 12 кВ/мм до 35 кВ/мм. Схожою стійкістю до нагрівання мають олійно-бітумні й ескапонові діелектрики.

Кремнійорганічні матеріали здатні довго переносити нагрівання до 453 K, а також є надійними електроізоляторами тому що входять в клас *H* витримують короткочасні нагрівання до 493 K, а також володіють морозостійкістю.

Ще більшою стійкістю до підвищених температур володіють склотканини з тефлоновим і силіконовим покриттям. Їх можна використовувати для нагрівання до 573 K, також витримують короткочасне нагрівання до 623 K, а також відносяться до класу С [10].

Електрозахисні засоби. Як додатковий електрозахисний засіб широко застосовують діелектричні підставки, які раніше виготовляли з деревини. До матеріалу підставок є багато вимог. Деревина має бути добре висушеною та пофарбованою олійною фарбою. Окрім того деревина повинна бути прямошаруватою та без сучків. Особливо добре має бути оброблено дерево для підставок, призначених для зовнішніх пристроїв, з тим, щоб матеріал був цілком вологостійким.

Суцільний і гладкий з дощок настил не може бути допущеним, бо на такому настилі можливо ковзання та падіння робітників, що в безпосередній близькості від струмовідних частин являє велику небезпеку. Тому поверхня настилу повинна бути шорсткою, що може бути досягнуто застосуванням настилів з дерев'яних брусів або планок, укріплених на дерев'яних рамах з більш товстого дерева.

Планки повинні бути покладені часто, з зазорами, що не перевищують 0,025 м, в іншому разі є можливим застрявання каблука в проміжку між сусідніми планками [11].

Останнім часом набули широкого поширення ізолюючі підставки зі склопластику (рис. 3), що є легкими, дешевими та довговічними [11].

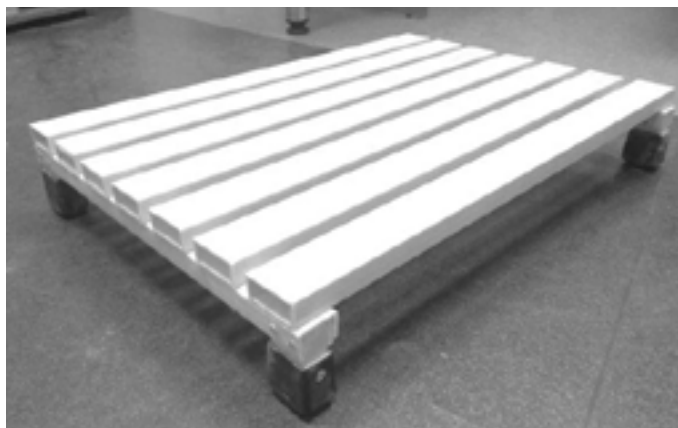


Рисунок 3 – Підставка зі склопластику

Склопластиками є матеріали з малою щільністю а низькою теплопровідністю (приблизно, як у дерева), високою хімічною, біологічною і вологостійкістю. Вони є чудовими діелектриками, стійкими навіть до концентрованих кислот і лугів.

Склопластики поступаються сталі за абсолютним значенням межі міцності, але в 3,5 разів легше її і перевершують сталь щодо питомо міцності. Під час виготовлення рівноміцних конструкцій зі сталі та склопластику склопластикова конструкція буде в кілька разів легшою [12].

Апарати захисту електроустановок. В процесі експлуатації електроустановок виникають аварійні режими: короткі замикання, технологічні перевантаження, неповнофазні режими, заклинювання ротора електричної машини. Під час застосування сучасних теплових реле РТТ і РТЛ частота відмов електрообладнання значно нижче, ніж за використання реле типу ТРН, ТРП [13].

Реле теплові струмові РТТ захищають від перевантажень і обривів фаз ланцюга постійного струму напругою до 440 В і змінного струму напругою до 660 В, номінальним навантаженням щодо струму до 160 А і діапазоном струмових установок від 0,27...0,37 А до 85...115 А. Робота реле РТТ заснована на властивостях біметалевих елементів змінювати свою форму під час нагрівання, в результаті чого відбувається розривання контакту ланцюга [15].

Реле теплові лінійні РТЛ захищають від перевантажень і обривів фаз ланцюга напругою до 600 В, номінальним навантаженням щодо струму до 80 А і діапазоном струмових установок від 0,1 А до 64 А [14].

Ще надійнішим є пристрій вбудованого температурного захисту електродвигуна УВТЗ. Його призначено для запобігання надмірного перегрівання статорних обмоток асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Управляльний пристрій служить для посилення сигналу, що надходить від вбудованих в обмотку статора електродвигуна

температурних датчиків, і перетворення на сигнал, що управляє відключенням магнітних пускачів (типу ПМЛ, ПМЕ та ін.).

У схемі автоматично здійснюють самоконтроль за її роботою, тобто забезпечується гарантія відключення електродвигуна під час виникнення несправності в якому-небудь елементі температурного захисту. За виходом з ладу датчиків температури або обривання ланцюга їх з'єднання з управляльним пристроєм, останній не дає змогу включити електродвигун у мережу [16].

Висновки. Завдяки наявності багатьох факторів підвищеної та особливої небезпеки ураження струмом у приміщеннях металургійних цехів, робота з електрообладнанням за таких умов потребує використання сучасних засобів контролю та електрозахисних засобів. Облаштування робочого місця має відповідати нормам електробезпеки.

Серед напрямків розвитку засобів захисту і контролю можна виділити:

- використання сучасних приладів контролю ізоляції типу МІС-2500;
- застосування за підвищеної температури повітря електроізоляції з просочених локотканин, кремнійорганічних матеріалів, склотканин з тефлоновим і силіконовим покриттям;
- заміна дерев'яних ізолюючих підставок підставками зі склопластику;
- застосування апаратів захисту типу РТТ, РТЛ, УВТЗ.

Бібліографічний перелік

1. Классификация электродвигателей по степени защиты. URL <http://energo.ucoz.ua/publ/5-1-0-257>
2. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості : Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.12.2008 № 289. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 січня 2009 р. за № 87/16103 [Чинний від 2009-02-09].
3. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Видання офіційне. Київ : Міненергоугілля України, 2017. 617 с.
4. Схемы и методы контроля сопротивления изоляции судовых сетей. URL : <https://www.electroengineer.ru/2015/03/what-is-electroosmosis.html>
5. Приборы для измерения параметров электроизоляции. URL: <https://pgpribor.com/catalog/pribory-dlya-izmereniya-parametrov-elektroizolyacii>
6. Державні санітарні норми і правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест». [Втрата чинності 10-10-2017]. *Міністерство охорони здоров'я*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0702-17#Text>
7. Наказ № 2859/5 від 11.09.2017 Про скасування рішення про державну реєстрацію нормативно-правового акта. *Міністерство юстиції України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v2859323-17/paran5#n5>
8. Азбест: шкідливість і небезпека азбесту, вплив мінералу на організм людини. URL: <https://www.dsnews.ua/ukr/society/asbest-vrednost-i-opasnost-asbesta-vozdeystvie-mineralana-organizm-cheloveka-11092020-398671>
9. Meduza. Асбест вызывает рак. URL: <https://meduza.io/feature/2018/06/20/asbest-vyzyvaet-rak-v-rossii-ego-vse-ravno-dobyvayut-i-ispolzuyut-v-stroitelstve>
10. Электропласт. Современные пластики. URL: <https://pkf-elektroplast.com.ua/a348749-kakoj-material-vyderzhivaet.html>
11. Изолирующие подставки и диэлектрические резиновые коврики. URL: <http://electricalschool.info/main/electrobezopasnost/2322-izoliruyuschie-podstavki-i-dielektricheskie-rezinovye-kovriki.html>
12. Новые строительные технологии. Свойства и характеристики стеклопластика. URL: <https://www.poliuretan.ru/stekloplastik/>
13. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК. Харків : Факт, 2008. 438 с.
14. Реле теплове РТТ-111, РТТ-141П, РТТ-211, РТТ-211П, РТТ-221П, РТТ-231П, РТТ-321П, РТТ-325П. *АС Енергія*. URL: <https://asenergi.com/catalog/rele/rtt.html>

15. Реле теплове РТЛ-1010, РТЛ-1014, РТЛ-1021, РТЛ-1022, РТЛ-1016, РТЛ-1006, РТЛ-1008, РТЛ-2057, РТЛ-2055, РТЛ-1005. *АС Енергія*. URL: <https://asenergi.com/catalog/-rele/rtl.html>
16. ТОВ «ЕЛЕКТРОПРОМОПТ». УВТЗ пристрій вбудованого температурного захисту електродвигуна. URL: <http://www.electropromopt.ho.ua/produktsiya/rele/uvtz-1>

References

1. Klassifikaciya elektrodvigatel'ej po stepeni zashhity. URL: <http://energo.ucoz.ua/publ/5-1-0-257>
2. NPAOP 27.0-1.01-08 Pravyla oxorony praci v metalurgijnij promyslovosti : Nakaz Derzhavnogo komitetu Ukrayiny z promyslovoyi bezpeky, oxorony praci ta girnychogo naglyadu 22.12.2008 No. 289. Zareyestrovano v Ministerstvi yustyciyi Ukrayiny 29 sichnya 2009 r. za No. 87/16103 [Chynnyj vid 2009-02-09].
3. Pravyla ulashtuvannya elektroustanovok. *PUE*. Vydannya oficijne. Kyiv : Minenergovugillya Ukrayiny, 2017. 617 s.
4. Skhemy i metody kontrolya soprotivleniya izolyaczii sudovykh setej. URL: <https://www.electroengineer.ru/2015/03/what-is-electroosmosis.html>
5. Pribory dlya izmereniya parametrov elektroizolyaczii. URL: <https://-pgpribor.com/catalog/pribory-dlya-izmereniya-parametrov-elektroizolyaczii>
6. Derzhavni sanitarni normy i pravyla "Pro bezpeku i zaxyst pracivnykiv vid shkidlyvogo vplyvu azbestu ta materialiv i vyrobiv, shho mistyat azbest". [Vtrata chynnosti 10-10-2017]. *Ministerstvo oxorony zdorovya*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0702-17#Text>
7. Nakaz No 2859/5 vid 11.09.2017 Pro skasuvannya rishennya pro derzhavnu reyestraciyu normatyvno-pravovogo akta. *Ministerstvo yustyciyi Ukrayiny*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v2859323-17/paran5#n5>
8. Azbest: shkidlyvist i nebezpeka azbestu, vplyv mineralu na organizm lyudyny. URL: <https://www.dsnews.ua/ukr/society/asbest-vrednost-i-opasnost-asbesta-vozdeystvie-minerala-na-organizm-cheloveka-11092020-398671>
9. Meduza. Asbest vyzyvaet rak. URL: <https://meduza.io/feature/2018/06/20/sbest-vyzyvaet-rak-v-rossii-ego-vse-ravno-dobyvayut-i-ispolzuyut-v-stroitelstve>
10. Elektroplast. Sovremennyye plastiki. URL: <https://pkf-elektroplast.om.ua/a348749-kakoj-material-vyderzhivaet.html>
11. Izoliruyushhie podstavki i dielektricheskie rezinovyie kovriki. URL: <http://electricalschool.info/main/electrobezopasnost/2322-izoliruyushchie-podstavki-i-dielektricheskie-rezinovyie-kovriki.html>
12. Novyye stroitelnyie tekhnologii. Svoystva i kharakteristiki stekloplastika. URL: <https://www.poliuretan.ru/stekloplastik/>
13. Lut M.T., Miroshnyk O.V., Trunova I.M. Osnovy texnichnoyi ekspluatatsiyi energetychnogo obladnannya APK. Xarkiv : Fakt, 2008. 438 s.
14. Rele teplove RTT-111, RTT-141P, RTT-211, RTT-211P, RTT-221P, RTT-231P, RTT-321P, RTT-325P. *AS Energiya*. URL: <https://asenergi.m/catalog/rele/rtt.html>
15. Rele teplove RTL-1010, RTL-1014, RTL-1021, RTL-1022, RTL-1016, RTL-1006, RTL-1008, RTL-2057, RTL-2055, RTL-1005. *AS Energiya*. URL: <https://asenergi.com/catalog/rele/rtl.html>
16. ТОВ «Electropromopt» VТZ prystrij vbudovanogo temperaturного zaxystu elektrodvyguna. URL: <http://www.electropromopt.ho.ua/produktsiya/-rele/uvtz-1>

Ryzhkov Vadim, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University
Belokon Karina, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University
Manidina Eugene, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University
Fomina Nadiya, Postgraduate, Zaporizhia National University

ELECTRICAL SAFETY IN FERROUS METALLURGY: FEATURES, ERGONOMICS OF THE WORKPLACE, CONTROL DEVICES, DEVELOPMENT TRENDS

Electric injuries at work are highly lethal, which requires careful compliance with the rules and regulations of electrical safety, the use of protective equipment. Any metallurgical enterprise has extensive electrical networks, a significant number of consumers with a line

voltage of 380, 660 and 6000 V. In addition, this adds unfavorable working conditions and the presence of factors of increased and special risk of electric shock. All of the above have increased requirements for electrical safety. Electric motors operating in hot shops or in other rooms with high air temperatures must take measures to prevent them from heating above the permissible level. This is done by using the appropriate design of the engines. Two types of execution are used: the blown electric motors – cooling air arrives inside from own or specially established fan; closed blown electric motors – air is supplied from a fan located outside the machine. Proper organization of the workplace in terms of electrical safety is of particular importance for the premises of metallurgical shops. First of all, it is necessary to maintain the standard distance to the live parts and follow the rules of work on electrical installations. The condition of the insulation is important for safety. Modern insulation control devices measure both insulation resistance and the degree of insulation aging and humidity. Lacquer fabrics, organosilicon materials, fiberglass fabrics are now used as a material for electrical insulation in conditions of high temperatures. Fiberglass stands are increasingly used as an electroprotective agent. To prevent the emergency mode of operation of electric motors, experts recommend installing protection devices such as RTT, RTL, UVTZ. The proposed article addresses these issues.

Keywords: electrical safety, ergonomics, control devices, electrical insulation, insulating stands, protection devices

Стаття надійшла: 10.10.2021 р.