

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»  
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

**на тему «Модернізація вкатного елемента високовольтної  
комірки КРУ-2-10»**

Здобувач

Володимир МОІСЕЄВ

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

Керівник:

Цимбал Богдан Михайлович,  
д.держ.упр., доцент, доцент  
кафедри автоматизації,  
електро- та роботехнічних систем

Захист відбудеться 06 грудня 2024 р. о 18:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії. ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_YzU0OTg1ZDctODhINS00MjUwLTk2NjYtZDZiZmlxZjBiYTk5%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2277c2500a-6967-4dab-bab5-8e8029a27710%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YzU0OTg1ZDctODhINS00MjUwLTk2NjYtZDZiZmlxZjBiYTk5%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2277c2500a-6967-4dab-bab5-8e8029a27710%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 29 листопада 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Актуальність даної кваліфікаційної роботи полягає у необхідності вдосконалення процесів у енергетичній галузі з метою економії часу на проведення регламентних операцій задля збільшення операційної ефективності та поліпшення умов праці персоналу.

**Постановка проблеми.** Ідея впровадження системи автоматизованого вкочення візка вимикача 6-10 кВ високовольтної комірки КРУ-2-10.

**Мета дослідження.** Розробка та аналіз методів для підвищення ефективності процесу оперативних перемикачів, розробка та моделювання автоматизованого електричного привода механізму вкочування візка вимикача 6-10 кВ.

### **Задачі дослідження:**

- проаналізувати існуючу базу високовольтного електрообладнання підприємства;
- вибрати оптимальні та найчастіше використані моделі та типи комірок високовольтних для подальшої модернізації;
- розробити алгоритм роботи автоматизованої системи керування та оперування вимикачем високовольтним – комутаційним елементом комірки високовольтної КРУ-2-10;
- провести експериментальні дослідження.

**Об'єкт дослідження** – елемент комплектного розподільчого пристрою високовольтної підстанції – візок вимикача 6-10 кВ.

**Предмет дослідження** – дослідження існуючих приводів візків високовольтних вимикачів комірок КРУ-2-10, їх недоліків та особливостей експлуатації.

**Результати та обґрунтування їх новизни / іноваційності.** У кваліфікаційній магістерській роботі:

- проаналізовано сучасні види та типи вимикачів високовольтних;
- досліджувались сучасні типи та види високовольтних комірок, пристрої автоматизації та керування, системи моніторингу та управління;
- проведено дослідження, що включало аналіз впливу швидкості вкочування візка на температуру та перехідний опір силових контактів вимикача 6-10 кВ;
- запропонована модернізація привода вкочування візка вимикача 6-10кВ комірки високовольтної КРУ-2-10.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Загальний обсяг роботи становить 63 сторінок, робота містить

34 рисунка, 6 таблиць. Список використаних джерел складається з 10 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Енергетичні системи підприємств України складаються з розподільчих пристроїв 6-10 кВ, які застаріли як технічно, так і морально. Переважна більшість високовольтних комірок були розроблені ще в радянські часи та потребують модернізації. Зокрема, масляні вимикачі, що використовуються в таких комірках, мають низку недоліків: екологічна небезпека через наявність трансформаторного масла, велика вага, складність в обслуговуванні та відсутність запасних частин. Це зумовлює необхідність заміни їх на сучасні вакуумні вимикачі та автоматизації процесу вкочування і викочування візка.

Сучасні промислові підприємства вимагають високого рівня надійності енергопостачання, оскільки будь-які перебої в подачі електроенергії можуть спричинити значні фінансові втрати. Особливо це стосується підприємств гірничо-металургійного комплексу, де технологічні процеси тісно пов'язані з використанням потужного електрообладнання. Тому модернізація електричних систем, зокрема комплектних розподільчих пристроїв, є важливим напрямком підвищення ефективності виробництва.

Дослідження розпочато з аналізу існуючих розподільчих пристроїв, що експлуатуються на підприємстві. Було визначено, що найпоширенішими є комірки КРУ-2-10, оснащені викочуваними вимикачами ВМП-10. Основні проблеми, з якими стикається обслуговуючий персонал, – це значні зусилля, необхідні для переміщення візка, а також часті відмови механізму вкочування. Використання ручного приводу для переміщення візка створює додаткове навантаження на персонал, що підвищує ризик травмувань, особливо під час проведення аварійних робіт або регламентного технічного обслуговування. У ході аналізу розглянуто й інші варіанти модернізації, серед яких впровадження черв'ячного приводу з електродвигуном для автоматизації процесу переміщення вимикача.

Теоретична частина дослідження включала порівняльний аналіз масляних і вакуумних вимикачів. Встановлено, що вакуумні вимикачі мають суттєві переваги: менші габарити і вага, відсутність необхідності в трансформаторному маслі, підвищена швидкодія, більший ресурс роботи. Крім того, вакуумні вимикачі не потребують регулярного обслуговування, що дозволяє зменшити витрати на технічну експлуатацію обладнання. Водночас, їх вартість вища, проте економічний ефект від їх впровадження компенсує цей недолік за рахунок зменшення експлуатаційних витрат.

Наступним етапом стало моделювання механізму вкочування візка вимикача. Використовуючи програмне середовище SolidWorks, проведено розрахунки, які дозволили підібрати оптимальні параметри приводу. Основний акцент зроблено на визначенні сили, необхідної для переміщення візка, та виборі відповідного електродвигуна. Запропонована конструкція дозволяє значно знизити навантаження на обслуговуючий персонал і підвищити безпеку експлуатації. Крім того, було розглянуто можливості інтеграції автоматизованої системи керування, яка дозволяє здійснювати дистанційне керування механізмом вкочування.

У кваліфікаційній роботі було проведено аналіз сучасних типів та видів комутаційних апаратів 6-10 кВ, проаналізовано їх принципи та методи керування та автоматизації.

Для цього було проведено глибоке дослідження існуючих на підстанціях України, та сучасних на ринку типів та видів комутаційних апаратів 6-10 кВ. Дослідження були спрямовані на вивчення їх принципу керування, безпеці праці персоналу. Під час дослідження було виявлено, що різні моделі мають майже однаковий принцип керування та вкочування в робоче положення, однакові перспективи модернізації. Ці параметри відіграють ключову роль у визначенні ефективності оперативного електропостачання споживачам. Було проаналізовано конкретні проблеми, які пов'язані з експлуатацією вимикачів 6-10 кВ, включаючи їх надійність та витрати на обслуговування, оперативність виконання регламентних робіт – оперативних перемикачів. Досліджувались сучасні комутаційні апарати та системи автоматизації та керування ними – іноземних та національних виробників. Для того, щоб технічний стан енергетичного електрообладнання не погіршувався під час експлуатації, для стабільного та якісного електропостачання споживачів, було проведено дослідження, що включало аналіз впливу швидкості вкочування візка на температуру нагрівання силових контактів та перехідний опір в зоні контакту. Також, виходячи з результатів виміру, встановлено що оптимальним варіантом частоти обертання валу механізму вкочування візка є частота, яка складає 0,5 оберти на секунду. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано встановлення на привод вкочування та викочування передавальної пасової передачі зі шківками: менший діаметром 50 мм, більший діаметром 140 мм. Робочим органом цієї системи буде мотор-редуктор ЕСМ250/030U10 з частотою на вихідному валу редуктора  $200 \text{ хв}^{-1}$ , потужність двигуна 600Вт, що задовольняє розрахункові параметри. Це дозволить отримати стабільні показники швидкості вкочування візка в робоче положення, що зменшить випадки нагрівання силових контактів під час вкочування, а також забезпечить надійний контакт в зоні прилягання силових контактів вимикача із системою шин. Було розраховано

необхідні параметри передачі, механічні характеристики привода після підбору всіх необхідних компонентів. Розроблено модель, побудовану в середовищі САПР SolidWorks, в якій було відображено всі необхідні вузли та механізми для реалізації ідеї. Для підтвердження ефективності впровадження цієї системи проведено економічне обґрунтування модернізації, що включає аналіз вартості та підвищення оперативної ефективності з впровадження модернізованого обладнання.

Експериментальна частина дослідження передбачала випробування модернізованої системи. Отримані результати показали, що застосування автоматизованого приводу вкочування дозволяє скоротити час переміщення вимикача з 3 хвилин до 45 секунд. Це означає значне підвищення ефективності проведення операцій з обслуговування та ремонту високовольтного обладнання. Крім того, усунені ризики травмування персоналу під час роботи з важкими візками. Загальний коефіцієнт надійності механізму зріс на 23%. Додатково було відзначено, що застосування запропонованого механізму сприяє зменшенню механічного зношування візка та контактної групи вимикача, що позитивно впливає на довговічність обладнання.

Економічний аналіз впровадження модернізованого механізму показав значне зниження витрат на технічне обслуговування високовольтних комірок. Загальні економічні втрати через простой електрообладнання на підприємстві становили від 20080,2 до 25817,4 доларів за зміну. Впровадження запропонованих змін дозволяє скоротити ці втрати на 32%, що забезпечує швидку окупність проєкту протягом 8 місяців. Також було проаналізовано можливості додаткової оптимізації витрат за рахунок зниження енергоспоживання модернізованої системи. Використання енергоефективних електродвигунів у складі автоматизованого приводу дозволяє знизити енергоспоживання на 18%, що в довгостроковій перспективі також сприяє економії коштів підприємства.

Охорона праці є невід'ємною складовою дослідження. Під час роботи з високовольтним обладнанням виникає ризик ураження електричним струмом, механічних травм та впливу шкідливих чинників. Автоматизація процесу вкочування візка вимикача дозволяє мінімізувати контакт людини з небезпечними елементами електроустановки. Впровадження системи дистанційного керування додатково знижує ризики для персоналу. Крім того, було запропоновано низку заходів щодо підвищення рівня безпеки, включаючи встановлення додаткових захисних екранів і впровадження сучасних систем діагностики технічного стану обладнання.

Таким чином, модернізація викатного елемента високовольтної комірки КРУ-2-10 дозволяє не тільки підвищити надійність і безпеку роботи електрообладнання, але й суттєво знизити економічні втрати підприємства. Запропонована автоматизована система вкочування забезпечує зменшення часу на операції, підвищення коефіцієнта надійності та значну економію коштів. Це підтверджує доцільність впровадження даного проєкту в промислових умовах. Додатково впровадження автоматизованої системи керування створює передумови для подальшої інтеграції новітніх технологій, що може суттєво покращити загальні виробничі процеси та підвищити рівень автоматизації підприємства.

## ВИСНОВКИ

Під час розробки кваліфікаційної роботи на підприємстві гірничодобувної галузі, було виявлено проблему, яка призводить до значних економічних втрат а також становить небезпеку для працівників, які експлуатують електрообладнання фабрик та кар'єрів, і для оточуючих.

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано впровадити модернізацію комірки високовольтної КРУ-2-10 комплектного розподільчого пристрою 6 кВ, а саме візка вимикача. Ця модернізація дозволить працівникам керувати віддалено небезпечним електрообладнанням, подальше впровадження та розробка системи автоматизованої перевірки всіх органів та апаратів комірки КРУ-2-10 дозволить уникнути помилкових дій працівників.

Одним із варіантів реалізації – монтаж на привод вкочування та викочування передавальної пасової передачі зі шківками: менший діаметром 50 мм, більший діаметром 140 мм, робочим органом цієї системи буде мотор-редуктор ЕСМ250/030U10 з частотою на вихідному валу редуктора  $200 \text{ хв}^{-1}$ , потужність двигуна 600Вт, що задовольняє розрахункові параметри.

Впровадження системи автоматизованого вкочування та викочування візка вимикача високовольтного дозволить вирішити проблему довготривалих простоїв під час оперативних переговорів між задіяним електротехнічним персоналом, довготривалим переміщенням працівників між робочими місцями для виконання оперативних перемикачів.

Отже, під час розробки кваліфікаційної роботи, було виявлено проблему, яка призводить до значних економічних втрат та до значних небезпек на підприємстві для працівників.

Високовольтне електрообладнання, як правило, стоїть на самому початку процесу працездатності технологічних пристроїв та

агрегатів, і, як наслідок, будь-які зміни у продуктивності можуть стати початком ланцюгової реакції для наступних технологічних процесів.

Інвестиційний капітал в порівнянні зі збитковістю, яку забезпечують застарілі технології, складає не значну частину від всього обсягу виробництва. На прикладі фабрики було виявлено, що період окупності складає всього 0,5 доби роботи фабрики на повну завантаженість.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Tsymbal B.M., Moiseiev V.I. Modernisation of the rolling element of the high-voltage cell KRU-2-10. International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”: conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2024. Vol. 2. P. 111–114. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-153>

## АНОТАЦІЯ

Моїсеєв Володимир Ігорович. Модернізація вкатного елемента високовольтної комірки КРУ-2-10. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» - ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- проаналізувати існуючу базу високовольтного електрообладнання підприємства;
- вибрати оптимальні та найчастіше використані моделі та типи комірок високовольтних для подальшої модернізації;
- розробити алгоритм роботи автоматизованої системи керування та оперування вимикачем високовольтним – комутаційним елементом комірки високовольтної КРУ-2-10;
- провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження – елемент комплектного розподільчого пристрою високовольтної підстанції – візок вимикача 6-10 кВ.

Предмет дослідження – дослідження існуючих приводів візків високовольтних вимикачів комірок КРУ-2-10, їх недоліків та особливостей експлуатації.

У процесі виконання дослідження були використані наступні методи: тепловізійний замір, замір опору перехідного контакту, системний аналіз, комп'ютерне моделювання, методи оптимізації.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану енергопостачання промислових підприємств, що працюють на основі високовольтних комірок напругою 6-10 кВ. Розглянуто основні типи комутаційних апаратів, які використовуються у розподільчих пристроях, їх конструктивні особливості та принципи роботи. Описано проблеми експлуатації викочуваних вимикачів, зокрема труднощі з їх переміщенням, високий рівень фізичного зносу, а також обмеженість у запасних частинах. Проаналізовано вплив цих факторів на надійність енергопостачання та безпеку персоналу. Визначено основні напрямки модернізації обладнання, зокрема можливість заміни масляних вимикачів на вакуумні аналоги та автоматизацію процесу вкочування і викочування візка. Виявлено основні переваги таких змін, включаючи підвищення швидкодії комутаційного процесу, зменшення експлуатаційних витрат та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

В другому розділі розглянуто теоретичні основи роботи високовольтних вимикачів, механізмів їх управління та автоматизації. Проведено детальний аналіз існуючих розподільчих пристроїв 6-10 кВ, їх елементної бази та релейного захисту. Здійснено порівняльний аналіз масляних та вакуумних вимикачів, у якому визначено їхні основні характеристики, переваги та недоліки. Масляні вимикачі мають вищу масу, складніше обслуговуються та містять небезпечно для довкілля трансформаторне масло. Вакуумні вимикачі є більш надійними, довговічними та енергоефективними, що робить їх доцільними для впровадження в промислових системах. Досліджено механізми вкочування візка та проаналізовано їх недоліки, серед яких значні фізичні зусилля, необхідні для переміщення, а також ризик травмування персоналу. Визначено можливі шляхи автоматизації цього процесу, зокрема використання електроприводу з черв'ячним механізмом, що дозволяє значно покращити зручність та безпеку роботи.

В третьому розділі викладено програму та методику проведення експериментальних досліджень модернізованого механізму вкочування візка вимикача. Визначено ключові параметри, що підлягали оцінці, включаючи швидкість переміщення, навантаження на привід та загальні експлуатаційні характеристики системи. Проведено математичні розрахунки механічних властивостей приводу, що дозволило визначити оптимальні параметри електродвигуна. Змодельовано роботу системи у

середовищі SolidWorks, що дало змогу оцінити її працездатність та ефективність. За результатами експериментів встановлено, що модернізований механізм вкочування дозволяє скоротити час переміщення візка з 3 хвилин до 45 секунд, що підвищує загальну ефективність роботи комірки. Відзначено зменшення фізичного навантаження на персонал та зниження ризиків травмування під час експлуатації.

В четвертому розділі наведено розрахунки економічного ефекту від впровадження модернізованої системи вкочування візка вимикача. Проаналізовано економічні втрати, які виникають через простой електрообладнання, витрати на технічне обслуговування та ремонти. Розраховано вартість модернізації, що включає закупівлю електроприводів, їх монтаж та налаштування. Визначено окупність проєкту, яка становить приблизно 8 місяців. Результати економічного аналізу підтвердили, що модернізація дозволяє зменшити втрати через простой обладнання на 32%, а також знизити витрати на обслуговування комірок. Додатково враховано потенційну економію електроенергії, що забезпечується за рахунок використання енергоефективних приводів.

В п'ятому розділі розглянуто питання безпеки експлуатації високовольтного обладнання та заходи щодо зниження ризиків для персоналу. Описано основні небезпечні фактори, які можуть виникати під час роботи з високовольтними вимикачами, та розглянуто способи їх мінімізації. Особливу увагу приділено ризикам, пов'язаним з ручним переміщенням візка вимикача, що може спричиняти фізичні перевантаження та травмування працівників. Запропоноване автоматизоване рішення значно знижує ці ризики, усуваючи необхідність застосування значних фізичних зусиль. Описано заходи з електробезпеки, що включають додаткове заземлення, контроль рівня напруги та впровадження системи дистанційного керування. Запропоновано рекомендації щодо вдосконалення інструкцій з техніки безпеки та організації навчання для персоналу, що працює з модернізованим обладнанням. Впровадження автоматизованої системи вкочування не тільки підвищує ефективність роботи комірок, а й суттєво покращує умови праці, роблячи процес керування вимикачем більш безпечним та зручним.

Ключові слова: електрообладнання, високовольтна комірка, комплектний розподільчий пристрій, викочуваний елемент, масляний вимикач

## ABSTRACT

Volodymyr Moiseev. Modernization of the retractable element of the high-voltage cell KRU-2-10. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 133 "Industrial mechanical engineering". Educational Programme "Computer design of mechatronic systems" - LLC "METINVEST POLYTECHNIC TECHNICAL UNIVERSITY", Kryvyi Rih, 2024.

To achieve the goal, it was necessary to solve the following tasks:

- analyze the existing base of high-voltage electrical equipment of the enterprise;
- select the optimal and most frequently used models and types of high-voltage cells for further modernization;
- develop an algorithm for the operation of an automated system for controlling and operating a high-voltage switch - a switching element of a high-voltage cell KRU-2-10;
- conduct experimental research.

The object of the study is an element of a complete switchgear of a high-voltage substation - a 6-10 kV switch trolley.

The subject of the study is the study of existing drives of high-voltage switch trolleys of KRU-2-10 cells, their shortcomings and features of operation.

In the process of conducting the study, the following methods were used: thermal imaging measurement, measurement of transition contact resistance, system analysis, computer modeling, optimization methods.

The first section analyzes the current state of power supply of industrial enterprises operating on the basis of high-voltage cells with a voltage of 6-10 kV. The main types of switching devices used in switchgear are considered. The problems of operating withdrawable switches are described, in particular, difficulties with their movement, high level of physical wear, as well as limited spare parts. The impact of these factors on the reliability of power supply and personnel safety is analyzed. The main directions of equipment modernization are determined, in particular, the possibility of replacing oil switches with vacuum analogues and automating the process of rolling in and rolling out the trolley. The main advantages of such changes are identified, including increasing the speed of the switching process, reducing operating costs and improving the working conditions of service personnel.

The second section considers the theoretical foundations of the operation of high-voltage switches, their control and automation mechanisms. A detailed analysis of existing 6-10 kV switchgear, their element base and relay protection was carried out. A comparative analysis of oil and vacuum circuit breakers was carried out, which determined their main characteristics, advantages and disadvantages. Oil circuit breakers have a higher mass, are more difficult to maintain and contain environmentally hazardous transformer oil. Vacuum circuit breakers are more reliable, durable and energy efficient, which makes them appropriate for implementation in industrial systems. The

mechanisms for rolling the trolley were studied and their disadvantages were analyzed, including significant physical effort required for movement, as well as the risk of personnel injury. Possible ways of automating this process were determined, in particular, the use of an electric drive with a worm mechanism, which allows significantly improving the convenience and safety of work.

The third section presents the program and methodology for conducting experimental studies of the modernized mechanism for rolling the trolley of the circuit breaker. The key parameters to be assessed were determined, including the movement speed, the load on the drive and the general operational characteristics of the system. Mathematical calculations of the mechanical properties of the drive were carried out, which made it possible to determine the optimal parameters of the electric motor. The operation of the system was modeled in the SolidWorks environment, which made it possible to assess its performance and efficiency. According to the results of the experiments, it was established that the modernized rolling mechanism allows to reduce the time of moving the trolley from 3 minutes to 45 seconds, which increases the overall efficiency of the cell. A decrease in the physical load on personnel and a reduction in the risk of injury during operation were noted.

The fourth section provides calculations of the economic effect of implementing the modernized system of rolling the circuit breaker trolley. The economic losses arising from electrical equipment downtime, maintenance and repair costs were analyzed. The cost of modernization was calculated, which includes the purchase of electric drives, their installation and adjustment. The project payback period was determined, which is approximately 8 months. The results of the economic analysis confirmed that the modernization allows to reduce losses due to equipment downtime by 32%, as well as to reduce the costs of maintaining the cells. In addition, the potential electricity savings provided by the use of energy-efficient drives were taken into account.

The fifth section considers the issue of safety of operation of high-voltage equipment and measures to reduce risks for personnel. The main hazardous factors that may arise when working with high-voltage circuit breakers are described, and ways to minimize them are considered. Particular attention is paid to the risks associated with manual movement of the circuit breaker trolley, which can cause physical overload and injury to workers. The proposed automated solution significantly reduces these risks, eliminating the need for significant physical effort. Electrical safety measures are described, including additional grounding, voltage level control and the implementation of a remote control system control. Recommendations are proposed for improving safety instructions and organizing training for personnel working with modernized equipment. The introduction of an automated

rolling-in system not only increases the efficiency of the cells, but also significantly improves working conditions, making the process of controlling the circuit breaker safer and more convenient.

Keywords: electrical equipment, high-voltage cell, complete switchgear, rolling-out element, oil circuit breaker