

*Д.В. Сальникова*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВИДА КОНСТРУКЦИИ РУ-35 кВ КОМПЛЕКТНОГО ИСПОЛНЕНИЯ**

**Аннотация.** *Исследованы вопросы, которые возникают при проектировании тяговой подстанции (ТП) с применением распределительных устройств, состоящих из отдельных элементов. Приведено современное решение поставленных вопросов путем применения вместо обычных распределительных устройств комплектных распределительных устройств (КРУ). Дано обоснование применения комплектных распределительных устройств вместо распределительных, состоящих из отдельных аппаратов.*

*Произведено сравнение комплектных распределительных устройств отечественных производителей, отмечены типы и краткие характеристики отдельного комплектного распределительного устройства для каждого производителя. Приведены преимущества и недостатки КРУ различных отечественных производителей. На основании технических, конструкторских характеристик, а также опыта и качества сборки КРУ, выполнен их выбор, а именно производства Челябинского завода электрооборудования. Приведены преимущества комплектных распределительных устройств по сравнению с распределительными устройствами, состоящими из отдельных элементов.*

*Произведено проектирование опорной тяговой подстанции для питания системы тяги 1×27,5 кВ. Разработана однолинейная схема опорной тяговой подстанции для питания системы тяги 1×27,5 кВ. Представлен внешний вид КРУ 35 кВ. С целью оценки эффективности применения выбранных комплектных распределительных устройств, для спроектированной тяговой подстанции произведен расчет технико-экономических показателей. Выполнено сравнение экономических показателей тяговых подстанций с применением обычных распределительных устройств и тяговых подстанций на основе КРУ. Выявлены преимущества комплектных распределительных устройств. По результатам сравнения сделаны выводы об эффективности их применения по различным критериям.*

**Ключевые слова:** *комплектные распределительные устройства, тяговая подстанция, экономические показатели, сравнение, оценка рентабельности.*

*D. V. Salnikova*

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **SELECTION OF THE OPTIMAL TYPE OF DESIGN OF THE 35 kV COMPLETE DESIGN**

**Abstract.** *The issues that arise when designing a traction substation (TP) with the use of switchgears consisting of individual elements are investigated. A modern solution to the issues raised is given by using complete switchgear (CRU) instead of conventional switchgear. The rationale for the use of complete switchgears instead of switchgears consisting of separate devices is given.*

*A comparison of complete switchgear of domestic manufacturers was made, the types and brief characteristics of a separate complete switchgear for each manufacturer were noted. The advantages and disadvantages of the CRU of various domestic manufacturers are given. Based on the technical and design characteristics, as well as the experience and quality of the assembly of the switchgear, their choice was made, namely, the production of the Chelyabinsk plant of electrical equipment. The advantages of complete switchgears in comparison with switchgears consisting of separate elements are given.*

*The design of a support traction substation for the supply of a 1×27.5 kV traction system has been carried out. A single-line scheme of a traction substation for powering a 1×27.5 kV traction system has been developed. The appearance of a 35 kV switchgear is presented. In order to assess the effectiveness of the selected complete switchgear, technical and economic indicators were calculated for the designed traction substation. The comparison of economic indicators of traction substations with the use of conventional switchgears and traction substations based on CRU is carried out. The advantages of complete switchgear are revealed. Based on the results of the comparison, conclusions were drawn about the effectiveness of their use according to various criteria.*

**Keywords:** *complete switchgear, traction substation, economic indicators, comparison, profitability assessment*

### **Введение**

До недавнего времени электрические подстанции создавались и эксплуатировались в основном с применением распределительных устройств распределенного и блочного типа,

имеющим в своем составе маслonaполненные аппараты, которые относительно часто подвергаются повреждениям и требуют значительных эксплуатационных расходов [1-3], а также снижают надежность работы распределительных устройств (РУ), особенно при увеличении тяговых и других нагрузок [5-11]. Новым этапом в области передачи, приема и распределения электрической энергии стали комплектные распределительные устройства (КРУ) 35 кВ [12-16].

Ячейка КРУ разделена на изолированные отсеки для безопасности персонала и предотвращения аварий (рис. 1).

Ячейка состоит из пяти отсеков:

- Отсек ввода кабеля;
- Отсек сборных шин;
- Отсек вторичных коммутаций;
- Отсек выкатного элемента;
- Отсек кабельных присоединений.

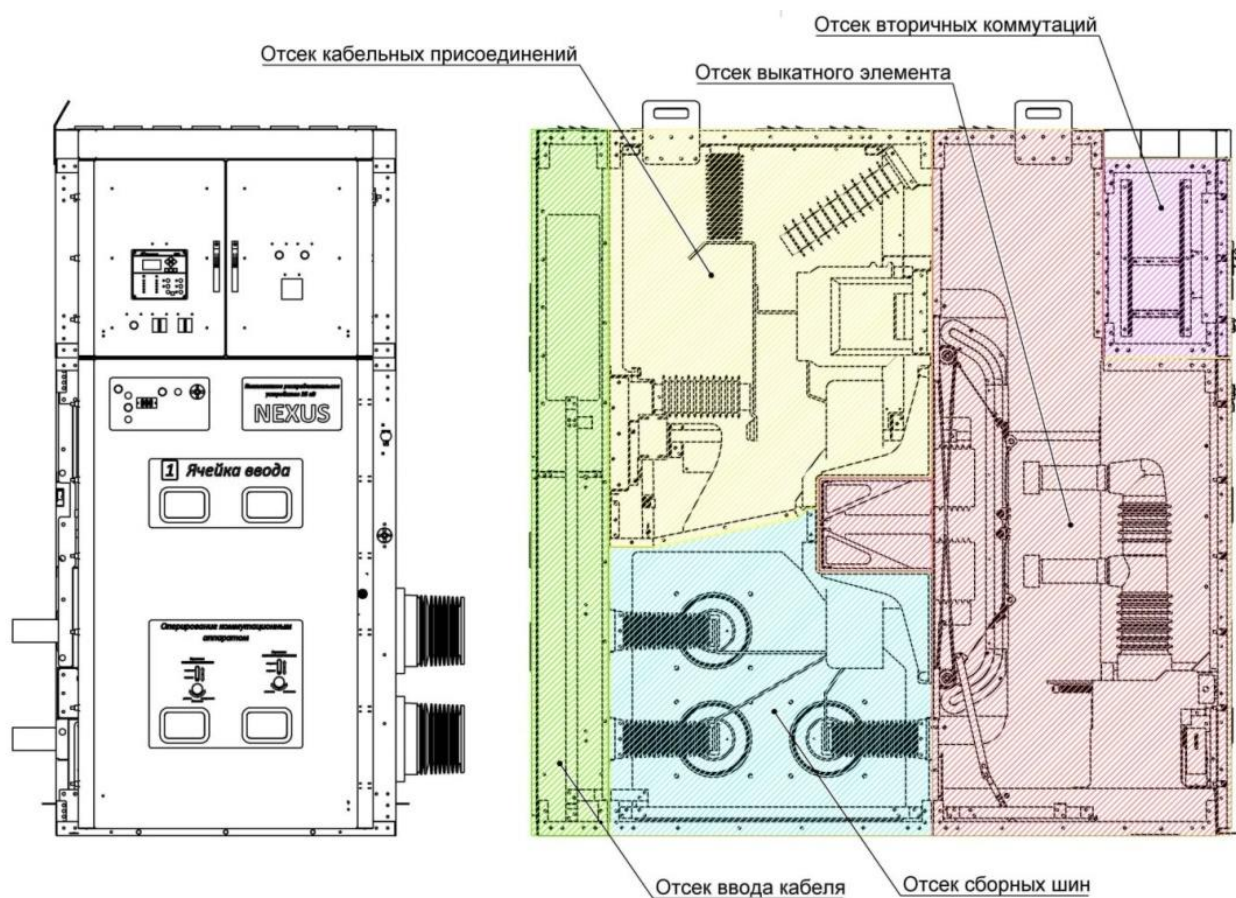


Рис.1. Разрез ячейки КРУ-35 кВ

### Описание проблемной ситуации и постановка задачи

В настоящее время промышленность стала выпускать выключатели меньших габаритов, что позволило подойти к конструированию распределительных устройств 35 кВ комплектного исполнения. При разработке курсового проекта по дисциплине “Тяговые и трансформаторные подстанции” автором данной работы принято решение сравнить комплектные распределительные устройства 35 кВ и РУ, состоящие из отдельных элементов.

### Предложения по практическому решению поставленной задачи

Проанализировав практические решения и предложения разных заводов-изготовителей распределительных устройств для тяговых подстанций (ТП), сделан вывод, заключающийся





**Рис. 3. Внешний вид ячейки КРУ- 35 кВ**

### **Оценка рентабельности применения КРУ**

С целью оценки рентабельности применения выбранного КРУ 35 кВ, произведен расчет экономических показателей, по результатам которого выполнено сравнение с показателями РУ, состоящего из отдельных элементов (табл. 2).

**Таблица 2- Сравнение экономических показателей ТП с разными типами РУ**

Показатель	ТП	
	РУ-35 кВ из отдельных элементов	КРУ 35 кВ
Стоимость строительных работ	98699 руб.	37484 руб.
Стоимость монтажных работ	73879 руб.	61826 руб.
Площадь, м <sup>2</sup>	12000	2500

По экономическому сравнению получены следующие результаты: выигрываем 70 тыс. руб. по затратам на строительные и монтажные работы и более 9 тысяч м<sup>2</sup> по площади. Таким образом, видим значительную разницу между расходами на ТП с обычным РУ-35 кВ и расходами на ТП с распределительным устройством 35 кВ комплектного типа.

Поиск информации показал, что комплектное исполнение РУ в значительной степени превосходит РУ обычного исполнения, а именно:

- КРУ компактны, удобны в исполнении, надежны и безотказны в процессе эксплуатации;
- Присутствует возможность быстрого расширения и мобильность при реконструкции;
- Возможность быстрой замены неисправного выключателя;
- Экономическая эффективность по стоимости и по обслуживанию;
- Сокращение строительной площадки под РУ.

### **Заключение**

В целом видно, что есть определенный смысл использовать РУ комплектного типа. Имеется выигрыш в площади подстанции. На сегодняшний день земля или арендуется или оформляется в собственности. И то, и другое увеличивает затраты, тем самым благодаря комплектным распределительным устройствам сокращаются расходы на выплаты налогов или за уплату аренды. Так же ТП на основе КРУ не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Поэтому можно считать целесообразным использование распределительных устройств 35 кВ комплектного типа.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пузина Е.Ю., Алексеенко В.А. Регрессионный анализ повреждаемости измерительных трансформаторов // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Иркутск, 2010. С. 421-423.

2. Пузина Е.Ю., Алексеенко В.А. Анализ времени наработки до отказа измерительных трансформаторов // Транспорт-2010. Ч. 2. 2010. С. 307-309.
3. Алексеенко В.А., Пузина Е.Ю. Анализ повреждений измерительных трансформаторов на тяговых подстанциях ВСЖД//Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск. Т. 2. 2009. С. 4-9.
4. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А. Направления развития релейной защиты и автоматики в Российских электрических сетях.Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 2 (62). С 77-85.
5. Keyvan Firuzi, Mehdi Vakilian, B. Toan Phung, Trevor R. Blackburn, "Partial Discharges Pattern Recognition of Transformer Defect Model by LBP & HOG Features," Power Delivery IEEE Transactions on, vol. 34, no. 2, pp. 542–550, 2019.
6. Y. Dang and W. Chen, "Design of Oil-Immersed Apparatus Oil Velocity Measure System Based on the Ultrasonic Wave Doppler Effect," 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, pp. 1–4, 2018.
7. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie and Jie Luo, "Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer," 2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham, pp. 111–115, 2016.
8. H. Kalathiripi and S. Karmakar, "Fault analysis of oil-filled power transformers using spectroscopy techniques," 2017 IEEE 19th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), Manchester, pp. 1–5, 2017.
9. Пузина Е.Ю., Туйгунова А.Г., Худоногов И.А. Системы мониторинга силовых трансформаторов тяговых подстанций. Иркутск, 2020. – 184 с.
10. Puzina E.Yu., Cherniga M.Yu., Khudonogov I.A. Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. С. 9271385.
11. Пузина Е.Ю. Усиление системы тягового электроснабжения участка Якурим-Звездная ВСЖД / Транспорт-2013: труды международной научно-практической конференции. –Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2013. – С. 176-178.
12. Овечкин И.С. Оценка эффективности применения комплектных распределительных устройств для тяговых подстанций // Молодая наука Сибири. 2021. № 2 (12). С. 181-194.
13. Стоцкий К.С., Фазылов И.З., Стоцкая Д.Р. Комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией (КРУЭ) // Наука через призму времени. 2020. № 1 (34). С. 46-47.
14. Саванин А.Ю., Мухаметшин Р.В. Высоковольтные распределительные устройства современных КРУЭ // В сборнике: ЭНЕРГИЯ 2008. Материалы конференции. Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». 2008. С. 37-38.
15. Сороченко П.А., Куксин А.В. КРУЭ. Особенности современных установок и их применение // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. 2020. С. 208-211.
16. Зацаринная Ю.Н., Нурмеев Т.А. Преимущества эксплуатации комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 22. С. 129-130.

## REFERENCES

1. Puzina E.Yu., Alekseenko V.A. Regression analysis of instrument transformer damage // Increasing efficiency of energy production and use in Siberia. Irkutsk, 2010. Pp. 421-423.
2. Puzina E.Yu., Alekseenko V.A. Analysis of the operating time to failure of measuring transformers // Transport-2010. Part 2. 2010. Pp. 307-309.
3. Alekseenko V.A., Puzina E.Yu. Analysis of damage to measuring transformers at traction substations of the ESR // Transport infrastructure of the Siberian region. Ir-Kutsk. 2009. Vol.2. Pp. 4-9.



4. Lundalyn A.A., Puzina E.Yu., Khudonogov I.A. Directions of development of relay protection and automation in Russian electric networks. Modern technologies. System analysis. Modeling. 2019. No 2 (62). Pp. 77-85.
5. Keyvan Firuzi, Mehdi Vakilian, B. Toan Phung, Trevor R. Blackburn, "Partial Discharges Pattern Recognition of Transformer Defect Model by LBP & HOG Features," Power Delivery IEEE Transactions on, vol. 34, no. 2, pp. 542–550, 2019.
6. Y. Dang and W. Chen, "Design of Oil-Immersed Apparatus Oil Velocity Measure System Based on the Ultrasonic Wave Doppler Effect," 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, pp. 1–4, 2018.
7. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie and Jie Luo, "Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer," 2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham, pp. 111–115, 2016.
8. H. Kalathiripi and S. Karmakar, "Fault analysis of oil-filled power transformers using spectroscopy techniques," 2017 IEEE 19th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), Manchester, pp. 1–5, 2017.
9. Puzina E.Yu., Tuigunova A.G., Khudonogov I.A. Monitoring systems for power transformers of traction substations. Irkutsk, 2020. – 184 p.
10. Puzina E.Yu., Cherniga M.Yu., Khudonogov I.A. Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. C. 9271385.
11. Puzina E. Yu. Strengthening of the traction power supply system of the Yakurim-Zvezdnaya section of the VSZHD / Transport-2013: proceedings of the international scientific and practical conference. Rostov-on-don: RSUPS Publishing house, 2013, Pp. 176-178.
12. Ovechkin I.S. evaluation of the efficiency of the use of complete switchgears for traction substations // Young Science of Siberia. 2021. No 2 (12). Pp. 181-194.
13. Stotsky K.S., Fazylov I.Z., Stotskaya D.R. Complete switchgear with gas insulation (CRUE) // Science through the prism of time. 2020. No 1 (34). Pp. 46-47.
14. Savanin A.Yu., Mukhametshin R.V. High-voltage switchgears of modern CRUS // In the collection: ENERGY 2008. Conference materials. Federal Agency for Education, State Educational Institution of Higher Professional Education "Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin". 2008. Pp. 37-38.
15. Sorochenko P.A., Kuksin A.V. KRUE. Features of modern installations and their application // In the collection: Innovative technologies and technical means for agriculture. Materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists. 2020. Pp. 208-211.
16. Zatsarinnaya Yu.N., Nurmeev T.A. Advantages of operating complete switchgear with gas insulation // Bulletin of Kazan Technological University. 2014. Vol. 17. No 22. Pp. 129-130.

#### **Информация об авторе**

*Сальникова Дарья Викторовна* – студент 3 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: [ds\\_vo@mail.ru](mailto:ds_vo@mail.ru)

#### **Information about the author**

*Salnikova Darya Viktorovna* – student of the specialty "Power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [ds\\_vo@mail.ru](mailto:ds_vo@mail.ru)