

**Пятков П. А., Коновалов И. Д.**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПОДСТАНЦИИ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

*Павел Алексеевич Пятков*

*Студент*

*pavel-cool1909@mail.ru*

*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, Екатеринбург*

*Илья Дмитриевич Коновалов*

*ikonada@bk.ru*

*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Россия, Екатеринбург*

**MODERNIZATION OF ELECTRICAL PROTECTION DEVICES  
SUBSTATIONS FROM SURGE SURGES**

*Pyatkov Pavel Alekseevich*

*Student*

*pavel-cool1909@mail.ru*

*Russian State Vocation Pedagogical University, Russia, Yekaterinburg*

*Konovalev Ilya Dmitrievich*

*ikonada@bk.ru*

*Russian State Vocation Pedagogical University, Russia, Yekaterinburg*

*Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышение надежности и эффективности защитных устройств электрических подстанций от импульсных перенапряжений. В работе были решены следующие задачи: проанализированы пути воздействия токов молнии на оборудование электрической подстанции и типовые решения по защите подстанций и открытых распределительных устройств (ОРУ) от перенапряжений, предложены решения*

по внедрению устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) на подстанции.

**Annotation.** *The article deals with the issue of increasing the reliability and efficiency of protective devices of electrical substations against surge surges. The following tasks were solved in the work: the ways of the impact of lightning currents on the equipment of an electrical substation and standard solutions for the protection of substations and open switchgear (ORU) from overvoltage were analyzed, solutions for the introduction of surge protection devices (USIP) at the substation were proposed.*

**Ключевые слова:** *электрические подстанции, импульсные перенапряжения, устройство защиты от импульсных перенапряжений, открытые распределительные устройства, низковольтное оборудование.*

**Keywords:** *electrical substations, pulse overvoltages, surge protection device, open switchgear, low-voltage equipment.*

Импульсные перенапряжения в электрической сети представляет угрозу для электрического оборудования подстанции. На сегодняшний день применяются устаревшие элементы защиты от перенапряжений, которые в силу своего технического несовершенства не в состоянии обеспечить желаемый уровень защиты.

Был проведен анализ широко распространённых в нашей стране электрических подстанций 110–35 кВ с открытым распределительным устройством. К ним предъявляются высокие требования надежности их работы, также данные подстанции имеют высокие сооружения, что увеличивает вероятность удара молнии, кроме того возможно возникновение перенапряжений при ударе молнии в грозозащитный трос линий электропередач (ЛЭП).

Результаты проведенного анализа:

- повышение напряжения на конструкции молниеотвода, повреждение электрооборудования;

- повышение напряжения на заземляющем устройстве, перегрев проводников и повреждение изоляции кабельных линий;
- появление электромагнитного поля, образованного протеканием тока по заземляющему устройству, приводящее к ухудшению работы чувствительного к помехам оборудования.

Для предотвращения перебоев в работе оборудования, проводят мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости. Одно из основных мероприятий защиты от импульсных перенапряжений, в соответствии с ГОСТ-62305 [4], является деление защищаемого объекта на защитные зоны и установка на границах каждой из них УЗИП (рисунок 1). Данная концепция позволяет эффективно защищать электрическое оборудование от заноса высокого потенциала со стороны молниеотводов и грозозащитных тросов.

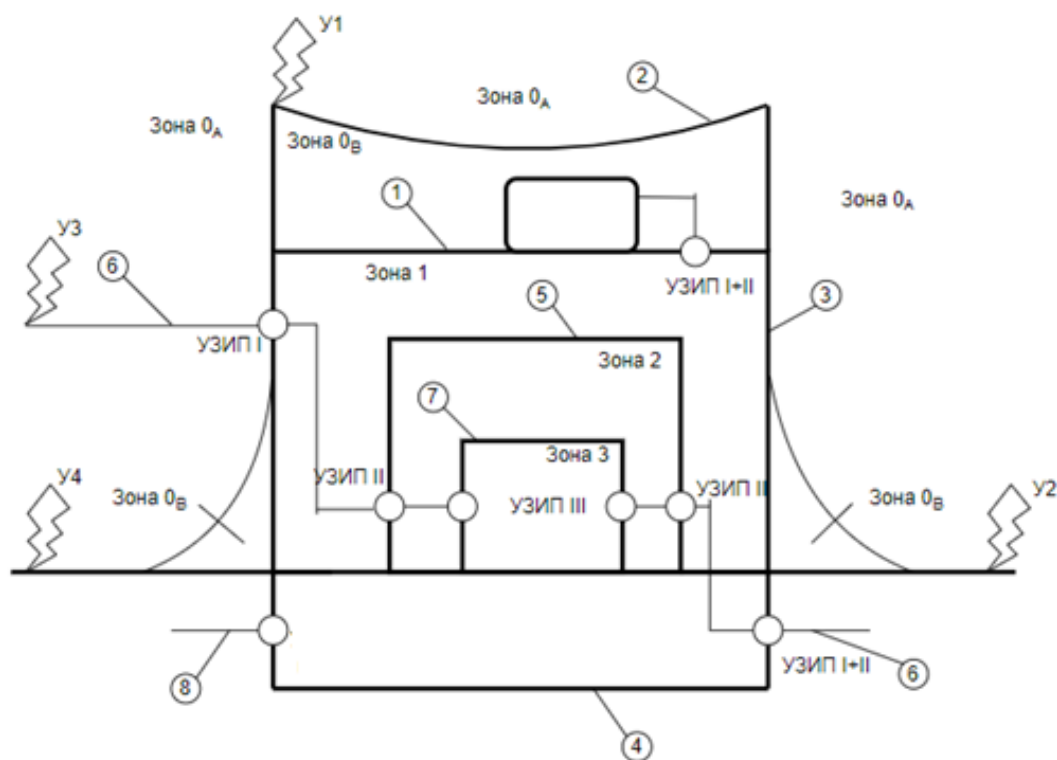


Рисунок 1 — Пример деления объекта на защитные зоны

- 1 — защищаемый объект; 2 — система молниеприемников; 3 — система токоотводов;  
 4 — система заземления; 5 — аппаратная; 6 — цепи электроснабжения; 7 — стойки с оборудованием; 8 — линии для передачи данных

Согласно ГОСТ 61643 [1] УЗИП — это устройство, предназначенное для ограничения волн перенапряжений и отвода импульсных токов. Оно выбирается по условиям окружающей среды, величины тока молнии, расположении источника помех и оборудования и т. д. В основе устройства лежат нелинейные элементы — варисторы и разрядники, которые ограничивают импульсное перенапряжение на подключенном оборудовании до безопасного уровня. Испытаниями подтверждено, что варисторы способны выдерживать короткие импульсы тока при грозовых перенапряжениях без пробоя или иного вида разрушения. УЗИП срабатывает, когда напряжение на его выводах достигает напряжения пробоя разрядника.

Для защиты оборудование делится по классам испытаний, которые характеризуется способностью поглощать энергию импульсов тока молнии. Если попадание прямого удара молнии маловероятно, то применяются УЗИП второго класса, которые разработаны на базе варисторов. При установке в зоне возможного протекания тока молнии применяются устройства первого класса (рисунок 2), которые являются устройствами комбинированного типа, т. е. разработаны на базе разрядников и блоков варисторов. УЗИП третьего класса применяются для защиты и могут быть встроены в розетки или сетевые фильтры.

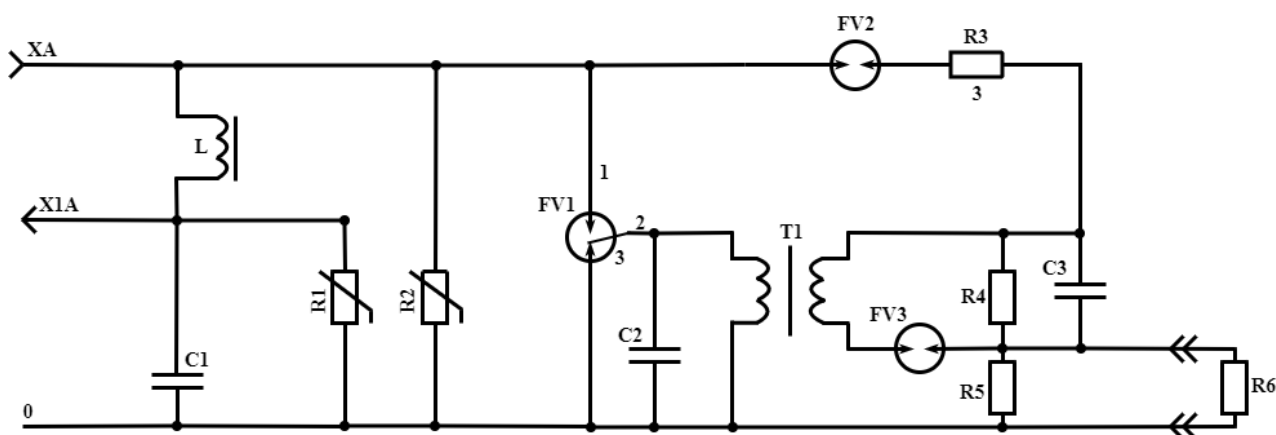


Рисунок 2 — Принципиальная схема устройства защиты от импульсных перенапряжений первого класса

На новых объектах системы электроснабжения УЗИП обязательно устанавливаются на шинах собственных нужд и системах оперативного постоян-

ного тока. Их применение экономически оправдано, так как позволяет минимизировать применение таких дорогостоящих методов защиты, как экранирование силовых и контрольных кабелей, удаление от молниеотводов кабельных линий и остального оборудования ОРУ. Защита системы собственных нужд подразумевает установку устройств защиты от импульсных перенапряжений на каждой секции шин щита собственных нужд. Для цепей постоянного тока рекомендуется применять устройства 2 класса защиты. Аппарат защиты для систем постоянного тока состоит их варисторного блока, и разрядника.

Для преждевременного определения неисправности и интеллектуализации защиты, устройство снабжено системой контроля степени износа на базе микропроцессора. Принцип её работы основан на том, что по мере износа защитного устройства, увеличивается ток утечки, микропроцессорная система контроля на основе измерений передает информацию о степени износа устройства на модуль управления или программируемый логический контроллер. Также устройство снабжено дисплейным модулем, появление на дисплее желтого светового сигнала говорит о скором израсходовании рабочего ресурса и возможном выходе из строя. Появление красного цвета говорит о выходе из строя устройства и необходимости замены модуля. Это позволит планировать профилактическое обслуживание и минимизировать риск непредвиденного выхода защиты из строя.

Для примера нами проводилась разработка проекта по модернизации системы защиты от перенапряжений подстанции Монетка, расположенная на окраине Екатеринбурга в поселке Монетный, обеспечивающая электроснабжения нескольких населенных пунктов и предприятий Свердловской области с рабочим напряжением 110/35/6 кВ.

Нами была спроектирована внешняя молниезащита подстанции, а именно рассчитана вероятность поражения молнией, выбрана высота молниеотвода, рассчитаны параметры молниезащиты для зон с разной вероятностью поражения, рассчитан радиус зоны защиты (рисунок 3). На основании этих

расчетов был сделан вывод что подстанция будет защищаться с помощью 4 отдельно стоящих молниеотводов с обособленными заземлителями.

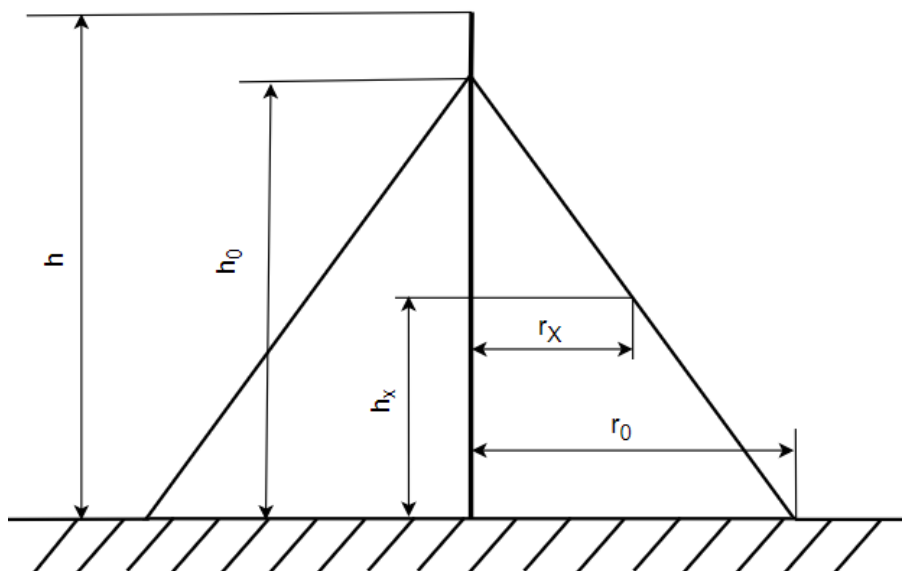


Рисунок 3 — Зона защиты молниеотвода

$h$  — высота защищаемого объекта;  $h_x$  — высота защищаемого объекта;  $h_0$  — высота вершины конуса зоны защиты стержневого молниеотвода;  $r_0$  — радиус защиты на уровне земли;  $r_x$  — радиус защиты на высоте защищаемого сооружения

Также была спроектирована внутренняя молниезащита, а именно:

- рассчитан уровень риска ( $CRL = 817$  м, Согласно ГОСТ Р 50571.4.44 [2], если  $CRL < 1000$  м, защита от перенапряжений необходима);
- выполнен расчет параметров системы заземления и доказана его эффективность, что позволило определить ток, протекающий через УЗИП;
- выбраны УЗИП для установки в вводно-распределительном устройстве, ящике управления освещением, шкафу сигнализации, системе видеонаблюдения, устройстве связи с объектом, шкафу обогрева выключателей.

Защита силовых трансформаторов была реализована путем применения ограничителей перенапряжения (ОПН), которые будут устанавливаться со стороны обмотки высокого напряжения трансформатора на блоке шинных опор (рисунок 4). Для этого были рассчитаны наибольшее рабочее напряжение сети и ОПН, проведена проверка их характеристик на соответствие условиям.

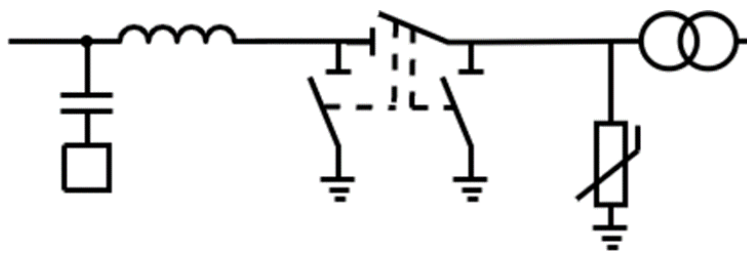


Рисунок 4 — Схема защиты силового трансформатора с помощью ОПН

Поскольку главная цель работы — это повышение надежности и эффективности защитных устройств электрических подстанций от импульсных перенапряжений то можно сделать вывод, что модернизация подстанций с применением УЗИП и ОПН повышает эффективность работы защиты, тем самым сохраняя в целостности, имеющегося на ней оборудование.

### *Список литературы*

1. ГОСТ 61643-12-2022. Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Принцип выбора и применения: издание официальное: дата введения 2023-03-01. М.: Стандартинформ, 2022. 167 с.
2. ГОСТ Р 50571.4.44-2019. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений: издание официальное: дата введения 2019-06-01. М.: Стандартинформ, 2019. 52 с.
3. ГОСТ Р 58882-2020. Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники: дата введения 2021-01-01. М.: Стандартинформ, 2020. 45 с.
4. ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений: издание официальное: дата введения 2018-01-01. М.: Стандартинформ, 2016. 82 с.
5. 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. Т. 62, № 2. С. 77–85. [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2\(62\).77-85](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2(62).77-85).

6. Пашин Е. А., Горемыкин С. А., Ситников Н. В. Современные технологии реализации концепции зоно-вой молниезащиты устройств от возникающих перенапряжений на объектах электроснабжения // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 08–09 июня 2021 г. Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I, 2021. С. 96–101.

УДК 519.6+512.544

**Рожков А. В., Барсукова В. Ю.**

### **АТ-ГРУППЫ, КАК АБСТРАКТНО-ЧИСЛОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ**

*Александр Викторович Рожков*

*доктор физико-математических наук, профессор*

*great.ros.marine2@gmail.com*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Россия, Краснодар*

*Виктория Юрьевна Барсукова*

*кандидат физико-математических наук, доцент*

*barsukova.v.y@gmail.com*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Россия, Краснодар*

### **AT-GROUPS AS AN ABSTRACT NUMERICAL CONSTRUCTION**

*Alexander Viktorovich Rozhkov*

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*

*Kuban State University, Russia, Krasnodar*

*Victoria Yurievna Barsukova*

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*

*Kuban State University, Russia, Krasnodar*

*Аннотация. Излагаются подходы к отрицательному решению вопроса А.В. Тимофеевко о связи АТ-групп и групп Голода.*