

Пириева Наджиба Мелик,
Доктор философия по технике, доцент
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, Баку
Piriyeva Najiba Malik
Doctor of Philosophy on Technology, Associate Professor
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku

Махмудов Ульви Ильхам, магистрант,
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, Баку
Makhmudov Ulvi Ilham
Doctor of Philosophy on Technology, Associate Professor
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ ANALYSIS OF SUBSTATION GROUNDING AND SURGE PROTECTION SYSTEM

Аннотация: Перенапряжение – напряжение в электрической сети по каким-либо причинам превышает значение максимального рабочего напряжения. При перенапряжениях ухудшаются условия работы изоляции, поскольку напряжение может во много раз превышать максимальное рабочее напряжение. В статье рассмотрены такие вопросы, как определение зоны защиты стержневых молниеотводов, защита подстанционного оборудования стержневыми молниеотводами, заземление молниеотводов подстанции, условия безопасности при прохождении тока молнии от молниеотвода. рассмотрены ограничения экстремальных волн напряжения, поступающих на подстанцию вентильным разрядником.

Abstract: Overvoltage – the voltage in the electrical network for some reason exceeds the maximum operating voltage. During overvoltages, the operating conditions of the insulation worsen, since the voltage can be many times higher than the maximum operating voltage. The article discusses such issues as determining the protection zone of lightning rods, protection of substation equipment with lightning rods, grounding of substation lightning rods, safety conditions when lightning current passes from a lightning rod. The limitations of extreme voltage waves entering the substation by a valve arrester are considered.

Ключевые слова: перенапряжение, подстанция, молния, молниеотвод, заземление.

Keywords: overvoltage, substation, lightning, lightning rod, grounding.

Перенапряжение – напряжение в электрической сети по каким-либо причинам превышает значение максимального рабочего напряжения.

Существует 2 типа перенапряжений.

- 1) внешний (вызванный молнией);
- 2) внутренние (коммутационные процессы в электрических сетях).

Основной количественной характеристикой грозового разряда является амплитуда тока молнии. Каждые 100 км воздушных линий электропередач подвергаются грозовым разрядам 15-20 раз в год в регионах со средневременной грозовой активностью (20-30 часов в год). Токи молний варьируются в широких пределах: от нескольких ампер до сотен ампер. Среднее зарегистрированное значение тока молнии составляет 15 кА. При попадании молнии в землю



могут быть повреждены различные объекты, в том числе воздушные линии электропередачи, подстанции и станции. Прохождение тока молнии через объект создает волну напряжения молнии, которая может привести к разрушению изоляции электрооборудования. Стандартная волна напряжения используется при расчете электрической прочности импульса.

Защита от прямых ударов молнии. Молниеотводы используются для защиты объектов от ударов молнии. В зависимости от объекта защиты применяют стержневые (на подстанциях) или кабельные (в линиях высокого напряжения) молниеотводы. Главным условием эффективной работы молниеотводов является их хорошее заземление.

Наибольшие грозовые перенапряжения возникают при прямом попадании молнии в линию или подстанцию. В месте удара молнии образуются миллионы вольт кратковременного (импульсного) напряжения, превышающего импульсную электрическую прочность изоляции линий электропередачи и электрооборудования. Для надежной работы электрической сети должна быть организована эффективная и действенная молниезащита. Для защиты от прямого удара молнии объект должен находиться точно в пределах защитной сферы громоотвода. Зоной защиты молниеотводов является пространство вокруг молниеотвода, куда с меньшей вероятностью попадут грозовые разряды.

Зона защиты громоотвода. Поверхность, ограничивающую зону защиты стержневого молниеотвода, можно показать пунктирной линией (рис. 1).

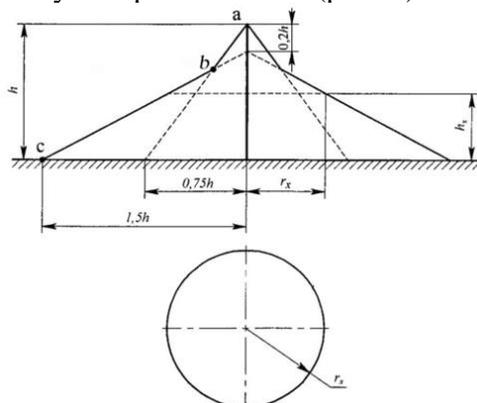


Рисунок 1. Построение защитной зоны молниеотвода

На рисунке отрезок ab это часть линии, соединяющей наконечник громоотвода на расстоянии $0,75 h$ от громоотвода до точки на поверхности земли, а bc – часть линии, соединяющей точку громоотвод на высоте $0,8 h$ до точки на поверхности земли, находящейся на расстоянии $1,5 h$ от громоотвода.

высота точки b . Радиус защиты составляет $h_x < 2/3 h$ в высоту:

$$r_x = 1,5 \left(1 - \frac{h_x}{0,8h} \right) \quad (1)$$

$h_x > \frac{2}{3}h$ и по высоте:

$$r_x = 0,75h \left(1 - \frac{h_x}{h} \right) \quad (2)$$

Зона защиты с двумя молниеотводами больше, чем сумма зон защиты только двух молниеотводов (рис. 2).



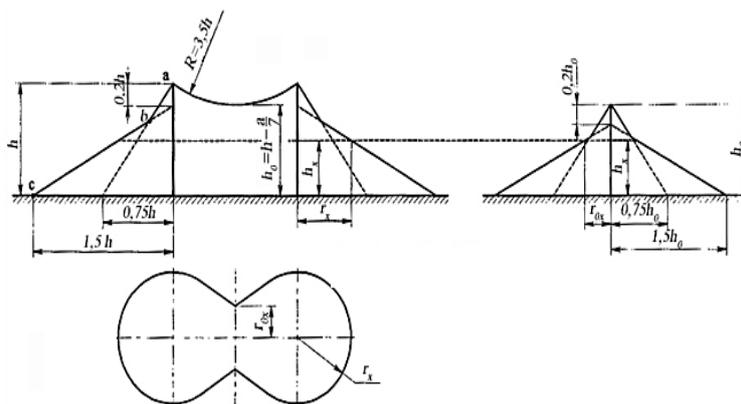


Рисунок 2. Построение защитной зоны молниеотвода

Открытые распределительные подстанции расположены на больших площадях. Необходимо защитить их несколькими громоотводами. Определение зон защиты такое же, как определение зоны защиты двух молниеотводов. Линии высокого напряжения (500 кВ) протяженностью до 1000 км подвергаются воздействию молнии не менее 200 раз за грозовой сезон. Поэтому защита линий высокого напряжения кабельными молниеотводами имеет особое значение. Эксплуатация таких линий показывает, что угол защиты должен составлять 20-25 градусов. Сопротивление заземления опор должно быть не менее 5 Ом в нейтральных заземленных линиях и 10 Ом в нейтральных изолированных линиях.

Молниезащита подстанций требует и других видов защиты, кроме защиты от прямого удара молнии:

- 1) защита заземляемых конструкций подстанций от замыканий при ударе молнии, т.е. от обратного замыкания от заземляемых элементов на токоведущие части оборудования;
- 2) защита от проходящих волн с линии;

Для выполнения первого требования сопротивление заземления подстанции должно быть низким. При напряжении выше 1000 В сопротивление заземления подстанции $R_t \approx 0,5$ Ом. Снижение R_t является наиболее эффективным способом защиты от обратного замыкания.

Для выполнения второго требования используются вентильные разгрузчики (ВР) и ограничители перенапряжения (ОПН). Клапанный разрядник имеет вольтсекундную характеристику. Это позволяет оборудованию защитить участки линии от колебаний волн в широком диапазоне.

Для эффективной защиты:

- 1) остаточное напряжение на рабочем резисторе не должно превышать допустимого предела;
- 2) крутизна волны, проходящей на подстанцию, должна находиться в определенных пределах.

Для выполнения этих условий все линии, проходящие и выходящие из подстанции, должны быть оборудованы защитой кабеля длиной 2-3 км (входной защитой). Углы защиты меньше 20°, а то и отрицательные. Наличие входной защиты предотвращает прямое попадание молнии в провод, что уменьшает ток, протекающий через разрядники клапана, тем самым уменьшая остаточное напряжение на рабочем сопротивлении клапана. При движении волны по проводу на линии на защищаемом входе образуется интенсивная корона, которая сглаживает фронт волны (уменьшает крутизну импульса) и уменьшает амплитуду напряжения.



Список литературы:

1. Пириева Н.М., Рзаева С.В., Талибов С.Н. «Анализ устройств защиты от перенапряжений электрических сетей» «Интернаука»: научный журнал – № 43 (266). Часть 3. Москва, Изд. «Интернаука», 2022. с.14-17
2. Piriyeva N.M., Rzaeva S.V., Mustafazadeh E.M. «Evaluation of the application of various methods and equipment for protection from emergency voltage in 6-10 kv electric networks of oil production facilities». Интернаука: электрон. научн. журн. 2022. № 39 (262). с.40-44
3. N.M.Piriyeva “Design of electric devices with induction levitation elements”, International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE) Published by International Organization of IOTPE, Vol.14, No.1, pp. 124-129, mart 2022.
4. Safiev E.S, Piriyeva N.M., Вағиров Q.T «Analysis of the application of active lightning rods in lightning protection objects ». Интернаука: электрон. научн. журн. 2023. № 6 (276). Pp 14-17
5. Piriyeva N.M., Kərimzadə G.S. «Mathematical model for the calculation of electrical devices based on induction levitators». IJ TPE Journal, ISSUE 55. Volume 15. Number 2, (Serial № 0055-1502- 0623), IJTPE – june 2023. p.274-280
6. N.M. Piriyeva “Methodology for designing an induction levitator”. "Electromechanics". Scientific and Technical Journal, Vol. 65, No. 2. pp. 69-75, Moscow 2022
7. Пириева Н.М., Тагизаде Л.Н. «Ограничители перенапряжения и защита трансформаторов от перенапряжений». Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ. № 1 (70) Том 3. 2024. С 772-778.
8. Пириева Н.М., Велиев Г.А., Аббасов А.И., Сулейманов Э.Э. «Коммутационные процессы в электрических сетях 10-35 кВ». Проблема энергетики №2, Баку, 2021 стр. 100-106.
9. Пириева Н.М. «Основы теории и расчет индукционного левитатора электротехнических устройств». Журнал Электричество, №7 стр 68-75 Москва 2022

