

2. Liang Y., Zeng, H. High-speed single-photon detection with avalanche photodiodes in the near infrared // Optoelectronics - Materials and Devices. – Rijeka: InTech, 2015. – P. 213-234. – doi: 10.5772/60481.
3. Zhang J., Itzler M.A., Zbinden H. et al. Advances in InGaAs/InP single-photon detector systems for quantum communication // Light: Science & Applications. – 2015. – Vol. 4. – e286. – doi: 10.1038/lsa.2015.59.
4. Rodimin V., Ponomarev M., Kazieva T. et al. Modular platform for photonic optical experiments and quantum cryptography // 2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2019). Proceedings. – Tomsk, Russia 18-20 April 2019. – [S. I.]: IEEE, 2019. – P. 140-142. – doi: 10.1109/SIBCON.2019.8729637.
5. Rodimin V.E., Kiktenko E.O., Usova V.V. et al. Modular quantum key distribution setup for research and development applications // Journal of Russian Laser Research. – 2019. – Vol. 40(3). – P. 221-229. – doi: 10.1007/s10946-019-09793-5.
6. Виноградова Н.А., Листратов Я.И., Свиридов Е.В. «Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW»: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 49 с.

Мао Маоин (КНР)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научные руководители: Володина Дарья Николаевна, к.филол.н., доцент,  
Никоненко Елена Леонидовна, к.ф-м.н., доцент

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

Как известно, электричество играет важную роль во всех аспектах нашей жизни. Актуальность данной темы связана с тем, что мощности энергосистемы постоянно увеличиваются. И для их безопасной работы необходима установка устройств релейной защиты [1]. Это требуется для предотвращения серьезных аварий и длительных отключений энергии.

Серьезные аварии в энергосистемах часто происходят из-за неправильной работы оператора. Так, авария на Чернобыльской АЭС стала крупнейшей техногенной катастрофой [2]. Известно, что одной из важных причин аварии стало то, что оператор допустил ошибку в эксплуатации. Чтобы избежать таких техногенных аварий, необходимы программы профессиональной подготовки и программы моделирования работы релейной защиты.

Главный вопрос, на который отвечает данное исследование, – как разработать систему симуляции релейной защиты для обучения операторов.

Основной целью проекта является проведение эксперимента по моделированию релейной защиты. Для достижения этой цели нужно решить следующие задачи: определить параметры релейной защиты для конкретной подстанции; описать последовательность и процесс защитных действий; описать взаимодействие различных защитных устройств.

В моделировании системы релейной защиты выделяют 2 этапа:

- первый этап – подготовка компьютерного оборудования;
- второй этап – создание модели линий электропередачи и распределения.



Рис.1.Схема управления энергосистемой

Модель релейной защиты построена на основе имитационной системы релейной защиты, которая разработана на основе имитационной системы подстанции.

Таблица 1

Параметры линии LGJ-300

Длина линии	Модель провода		
21.233 км	LGJ-300		
Сопrotивление положительной последовательности ( $\Omega$ )	Прямое положительное сопротивление ( $\Omega$ )	Сопrotивление нулевой последовательности ( $\Omega$ )	Реактивное сопротивление нулевой последовательности ( $\Omega$ )
1.86001	8.65245	6.51004	27.80674
Модуль полного сопротивления прямой последовательности ( $\Omega$ )	Угол полного сопротивления прямой последовательности ( $^\circ$ )	Модуль полного сопротивления нулевой последовательности ( $\Omega$ )	Угол полного сопротивления нулевой последовательности ( $^\circ$ )
8.85011	77.8	28.55863	76.8

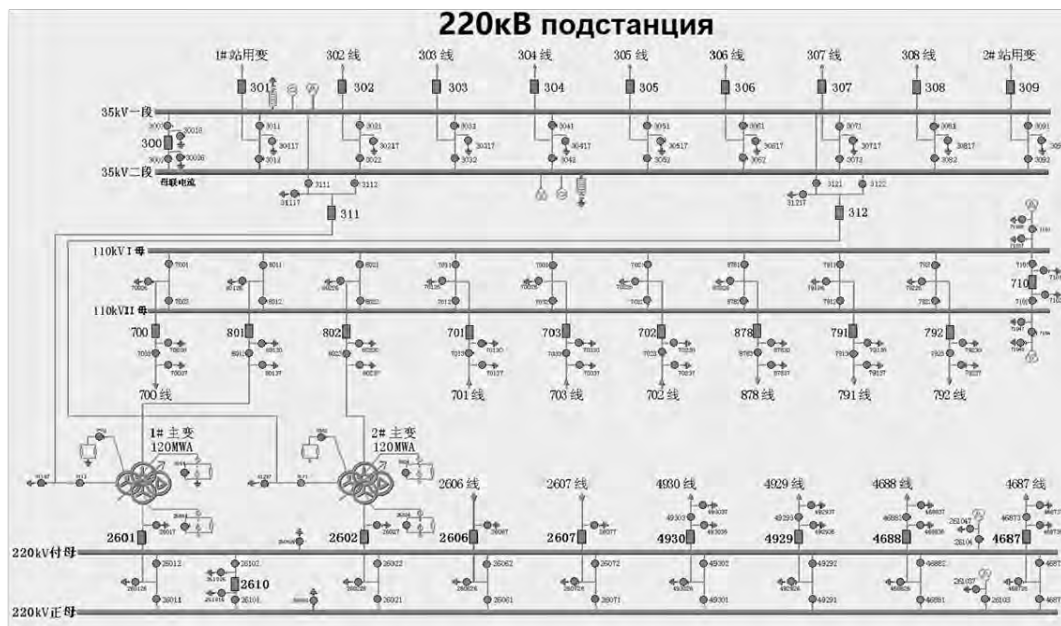


Рис.2.Имитационная модель подстанции

Существуют следующие типы неисправностей, которые могут быть смоделированы :

- короткое замыкание;
- отказ устройства релейной защиты;
- возгорание трансформатора.



Рис.3. Программа симуляции

В зависимости от целей эксперимента могут быть добавлены другие типы и подтипы неисправностей.

В результате работы были сделаны следующие выводы:

Во-первых, общие неисправности в энергосистемах могут быть смоделированы.

Во-вторых, с помощью программного обеспечения можно выбрать, следует ли включить устройство релейной защиты.

Таким образом, эксперимент позволяет правильно рассчитать параметры работы имитационной модели релейной защиты.

Данное исследование уже было использовано для решения следующих задач:

- Для обучения студентов и операторов в Чунцинском университете науки и техники.
- Для лучшего понимания принципа устройства релейной защиты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джи Линлинг. Исследование по адаптивной защите распределительной линии. – Чунцин: Издательство университета Чунцина, 2009. – 12 с.
2. Чжэн Ган. Исследование мер против неправильной эксплуатации дифференциальной защиты трансформатора. – Сычуань: Издательство Юго-западного университета Цзяотун, 2010. – 8 с.