

УДК 621.316.925

О. А. Соловьева¹, В.П. Манчевская¹

¹ Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация. Изложен результат анализа литературных источников информации относительно неселективного срабатывания резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети. Предложена модель работы релейной защиты на базе микроконтроллера ATmega328 для исследования различных вариантов построения алгоритмов дистанционной защиты в целях улучшения ее технического совершенства.

Используя моделирование на Arduino, мы можем получить реальный работающий инструмент моделирования релейной защиты, исследовать ее работу, выявить причины и возможности обхода ложного срабатывания для дальнейшего совершенствования реального устройства и введения его в эксплуатацию на железной дороге.

Ключевые слова: релейная защита, дистанционная защита, моделирование, микропроцессорное устройство.

О. А. Solovieva¹, V. P. Manchevskaya¹

¹ Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, Russian Federation

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN IMPROVING RELAY PROTECTION ALGORITHMS

Annotation. The result of the analysis of literary sources of information on the non-selective operation of the backup stage of the distance protection of the overhead line feeders is stated. A model of operation of relay protection based on the ATmega328 microcontroller is proposed to study various options for constructing distance protection algorithms in order to improve its technical perfection.

Using simulation on Arduino, we can get a real working relay protection simulation tool, investigate its operation, identify the causes and possibilities of bypassing false alarms to further improve the real device and put it into operation on the railway.

Keywords: relay protection, distance protection, simulation, microprocessor device.

Релейная защита – вид электрической автоматики, предназначенная для защиты энергосистем и их элементов от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов и ликвидации или локализации аварии. Релейная защита автоматически определяет участок с аварийным или ненормальным режимом и подает команду на отключение соответствующего выключателя или подает сигнал обслуживающему персоналу. [1]

Для надежности, быстродействия, безопасности и селективности срабатывания используют такие типы релейной защиты, как:

- дистанционная защита, реагирующая на сопротивление петли КЗ и угол сдвига фаз между током и напряжением;
- электронная защита фидеров контактной сети с телеблокировкой между подстанцией и постом секционирования, где при срабатывании защиты и отключении выключателя одной фидерной зоны отключается выключатель и другой фидерной зоны;
- токовая защита, которая действует при выходе тока из определенного значения

В настоящее время при пропуске тяжеловесных поездов в ряде случаев наблюдается неселективное срабатывание резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети, возникающие в результате того, что происходит перекрытие зон нормального и аварийного режима и защита не может однозначно идентифицировать наблюдаемый режим. Данный факт подтверждается результатами измерений и аналитических исследований, представленных в работах [2] и [4].

Отказ работы релейной защиты может привести к повреждению контактной сети или оборудования тяговой подстанции, ложное срабатывание может привести к остановке поездов, задержке их в пути следования.

Невозможность однозначно разграничить нормальный и аварийный режимы работы системы тягового электроснабжения и обеспечить селективную работу направленной дистанционной защиты привели к тому, что для обеспечения пропуска поездов повышенной массы на ряде подстанций Забайкальской железной дороги была отключена третья ступень дистанционной защиты, что позволило уменьшить количество неселективных срабатываний, но при этом уменьшило надежность системы в целом.

На основании вышесказанного была поставлена задача: смоделировать работу релейной защиты на базе микроконтроллера ATmega328, а именно Arduino, чтобы исследовать различные варианты построения алгоритмов дистанционной защиты, для улучшения ее технического совершенства и поиска выхода из сложившейся ситуации. Для наглядности использована онлайн-программа 3D моделирования и программирования Tinkercad.

На рисунке 1 представлен алгоритм работы модели релейной защиты, выполненный на основании руководящих указаний по релейной защите систем тягового электроснабжения [5]. При подаче в сеть напряжения, микроконтроллер снимает показания тока и сопротивления. Если показания соответствуют нормальному режиму, то схема продолжает работать. В ином случае происходит отключение сети, выводится сообщение о превышении тока.

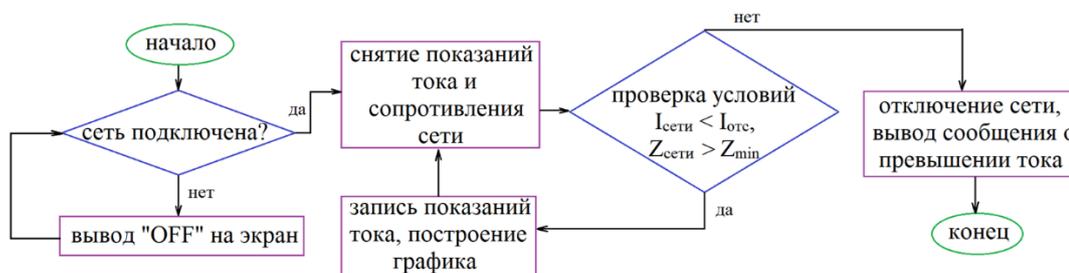


Рис. 1. Алгоритм работы модели релейной защиты

На рисунке 2 представлена модель релейной защиты. Напряжение в сеть подается с помощью генератора переменного тока посредством перевода ползункового переключателя в положение «ON». При запущенной цепи можем наблюдать график изменения мгновенного значения тока на мониторе последовательного интерфейса (рисунок 3). Изменяя значение амплитуды напряжения генератора, изменяется и значение амплитуды тока в цепи. При превышении мгновенного значения тока значения уставки реле срабатывает и происходит отключение сети. Выводится сообщение о превышении тока. То же самое происходит при несоответствии сопротивления сети нужному. Сопротивление задается с помощью потенциометра. Уменьшаем сопротивление – реле срабатывает. На рисунке 4 представлен фрагмент кода микроконтроллера, отвечающий за срабатывание реле.

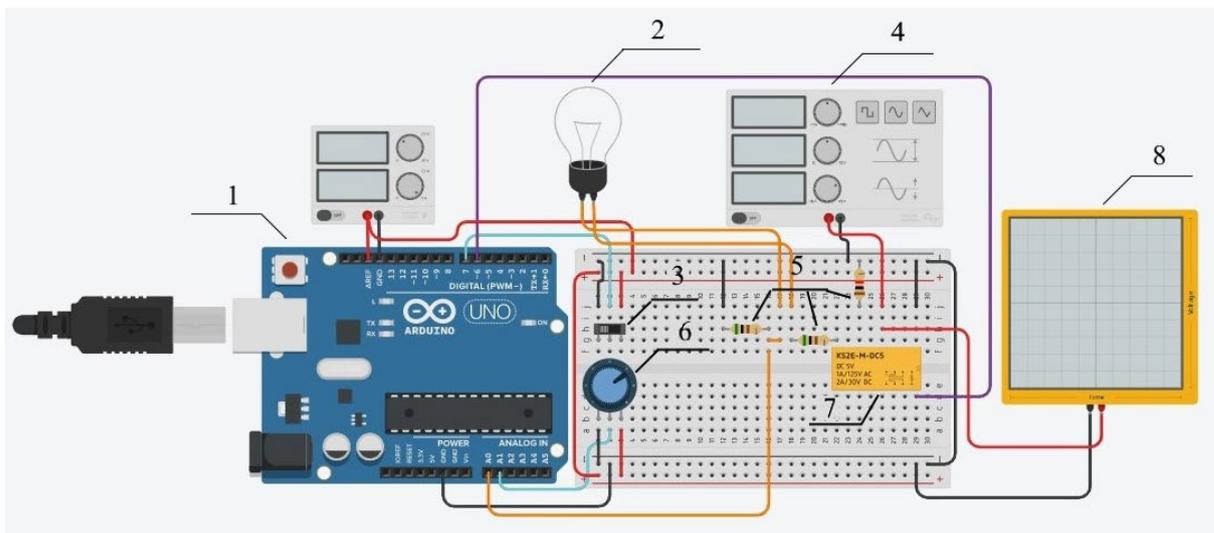


Рис. 2. Модель релейной защиты

1 – микроконтроллер Arduino; 2 – лампа; 3 – ползунковый переключатель; 4 – генератор переменного тока; 5 – сопротивление, ограничение тока в цепи; 6 – потенциометр; 7 – реле; 8 – осциллограф.

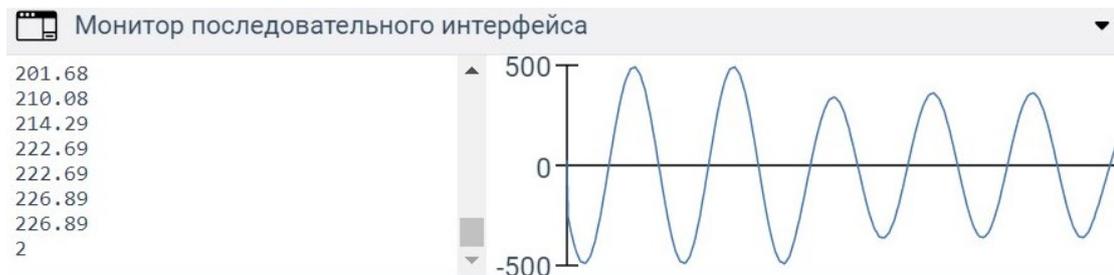


Рис. 3. – Вывод значений мгновенного тока на монитор последовательного интерфейса

```
// проверка условий
if ((current < 850)&&(resistance > 30))
{
  delay (10);
}
else
{
  digitalWrite(POWER, LOW);
  while (digitalRead (BUTTON) == HIGH)
  {
    delay (1000);
    Serial.println ("excess current");
  }
}
```

Рис. 4. Фрагмент кода для микроконтроллера

Рассмотрим преимущества и недостатки моделирования.

Преимущества:

- наглядность работы и простота использования;
- построение модели возможно там, где нельзя провести прямой эксперимент;
- возможно многократное повторение модельных исследований до получения обоснованных выводов;
- позволяет изучить более подробно работу системы в развернутый интервал времени;
- компьютерное моделирование позволяет сократить затраты и трудоемкость исследования и разработок по сравнению с использованием реальных технических систем;

Недостатки:

- необходимость учета большого количества параметров для построения адекватной модели.

Используя моделирование на Arduino, мы можем получить реальный работающий инструмент моделирования релейной защиты, исследовать ее работу, выявить причины и возможности обхода ложного срабатывания для дальнейшего усовершенствования реального устройства и введения его в эксплуатацию на железной дороге.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сети 6-36 кВ. С-Пб. 1997.
2. Трифонов Р. С. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации, Омск 2016, 21 с
3. Фигурнов Е.П. Релейная защита: учебник. В 2.ч. Ч.2. 3-е изд., перераб. и доп. / Е.П. Фигурнов. – М.: ГОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009. – 604 с
4. Филиппов С.А., Трифонов Р. С. Оценка обеспечения селективности резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации // Транспорт Урала. 2013. № 4 (39). С. 87–92. ISSN 1815-9400
5. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «Российские железные дороги». – М. «Трансиздат», 2005 г. – 216 с.

REFERENCES

1. Shabad M.A. Zashchita ot odnofaznyh zamykanij na zemlyu v seti 6-36 kV [Protection against single-phase earth faults in a 6-36 kV network]. S-Pb. 1997.
2. Trifonov R.S. Povyshenie selektivnosti rezervnoj stupeni distancionnoj zashchity fiderov kontaktnoj seti na osnove adaptivnoj identifikacii [Increasing the selectivity of the backup stage of distance protection of overhead line feeders based on adaptive identification] Omsk 2016, 21 p.
3. Figurnov E.P. Relejnaya zashchita [Relay protection]: textbook. At 2. o'clock Part 2. 3rd ed., Rev. and add. / E.P. Figurnov. - M .: GOU Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport, 2009 .-- 604 p.
4. Filippov S.A., Trifonov R.S. Ocenka obespecheniya selektivnosti rezervnyh stupenej distancionnoj zashchity fiderov kontaktnoj seti na osnove adaptivnoj identifikacii [Assessment of ensuring the selectivity of the reserve stages of distance protection of the contact network feeders on the basis of adaptive identification] // Transport of the Urals. 2013. No. 4 (39). S. 87–92. ISSN 1815-9400
5. Rukovodyashchie ukazaniya po relejnoj zashchite sistem tyagovogo elektrosnabzheniya [Guidelines for relay protection of traction power supply systems.] Department of Electrification and Power Supply of JSC Russian Railways. - M. "Transizdat", 2005 - 216 p.

Информация об авторах

Соловьева Оксана Александровна – ассистент кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: ksusha_s777@mail.ru

Манчевская Валерия Павловна – студент гр. СОД. 1-17-1, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: manchevskaya.lera@mail.ru

Authors

Solovieva Oksana Aleksandrovna - Assistant of the Department of Power Supply, Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: ksusha_s777@mail.ru

Manchevskaya Valeria Pavlovna - student of gr. SOD. 1-17-1, Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: manchevskaya.lera@mail.ru

Для цитирования

Соловьева О. А. Использование цифровых технологий в совершенствовании алгоритмов работы релейной защиты [Электронный ресурс] / О. А. Соловьева, В. П. Манчевская // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №1. Режим доступа: <http://mnv.irkgups.ru/toma/212-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: _____)

For citation

Solovieva O.A. The use of digital technologies in improving the algorithms of relay protection [Electronic resource] / O.A. Solovieva, V.P. Manchevskaya // Young science of Siberia: electron. scientific. zhurn. - 2021. - No. 1. Access mode: <http://mnv.irkgups.ru/toma/111-2021>, free. - Title from the screen. - Yaz. Russian, English (date of access: 04/29/2021)

Solovieva O.A. Ispol'zovanie cifrovyyh tekhnologij v sovershenstvovanii algoritmov raboty relejnoj zashchity [The use of digital technologies in improving the algorithms of relay protection]. Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 1. [Accessed 29/04/21]