

С. А. Филиппов¹, О. А. Соловьёва¹, А. С. Соколов¹

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

СКОРОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ КАК ПАРАМЕТР ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ РЕЗЕРВНОЙ СТУПЕНИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЦЗА ФКС – 27,5

Аннотация. В статье рассматривается проблема ложного срабатывания направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети при прохождении тяжеловесных грузовых поездов повышенной массы. Для решения этой проблемы предлагается усовершенствовать алгоритм работы защиты с использованием идентификации параметра измерения скорости изменения напряжения. В статье представлено математическое и имитационное моделирование с использованием программы MATLAB SIMULINK и алгоритм работы направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети для проверки работы защиты и повышения ее надежности при прохождении тяжеловесных поездов.

Ключевые слова: дистанционная защита, фидер контактной сети, система тягового электроснабжения, MATLAB SIMULINK, измерения скорости изменения напряжения.

S. A. Filippov¹, O. A. Solovieva¹, A. S. Sokolov¹

¹ Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russian Federation

VOLTAGE MEASUREMENT SPEED AS A PARAMETER FOR ENSURING SELECTIVE OPERATION OF THE BACKUP STAGE OF REMOTE PROTECTION TsZA FKS – 27,5

Annotation. The article discusses the problem of false activation of directional distance protection of contact network feeders during the passage of heavy freight trains of increased mass. To solve this problem, it is proposed to improve the protection operation algorithm using identification of the parameter for measuring the rate of voltage change. The article presents mathematical and simulation modeling using the MATLAB SIMULINK program and an algorithm for the operation of directional distance protection of contact network feeders to test the operation of the protection and increase its reliability when passing heavy trains.

Keywords: distance protection, catenary feeder, the contact network feeders, MATLAB SIMULINK, voltage change rate measurements.

В данный момент на Забайкальской железной дороге остро наблюдается проблема, связанная с неселективными и ложными срабатываниями направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети (НДЗ ФКС) 3 ступени. В связи с увеличением грузооборота (повышение массы поездов до 14200 тонн) происходит не разграничение аварийного и нормального режимов работы дистанционной защиты фидеров контактной сети.

Обеспечение селективной защиты работы резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети, в том числе и в микропроцессорном исполнении на сегодня весьма актуальна. В данной статье она рассматривается на примере защиты ЦЗА ФКС – 27,5, получившей достаточное распространение на полигоне Забайкальской железной дороги. Объясняется это перекрытием зон аварийного и нормального режимов в сложных случаях. Для аварийных к таким относятся: удаленные КЗ и КЗ через большое переходное сопротивление. Для нормальных – пропуск сдвоенных поездов по сложному рельефу пути, «пакетный» график движения после «окна», особенно в момент трогания с места и при наличие в «пакете» сдвоенных. В соответствии с [1] при невозможности одновременно обеспечить селективную работу защиты в аварийных и нормальных режимах, действует принцип приоритета ложного и излишнего действия защиты перед её отказом.

Действующие алгоритмы, в том числе и для микропроцессорных защит, основанные в основном на сравнении входных величин стационарной уставкой сопротивления по

величине и углу принципиально не отличается от разработанных в 1940 – 1960г.г., и не позволяют этого сделать. Отсюда и массовые ложные срабатывания.

Необходимо введение новых параметров в алгоритм работы защиты, позволяющих надежно отличить нормальные и аварийные режимы, исключить ложные срабатывания. В качестве такого параметра предлагается внести измерение скорости изменения напряжения. Однако, работоспособность такого подхода необходимо было проверить. Для этого была использована программа MATLAB SIMULINK в которой была создана модель системы тягового электроснабжения (СТЭ) Сохондо – Лесная и модель резервной ступени НДЗ ФКС 3 ступени, затем проведено её испытание

Для проверки адекватности работы усовершенствованного алгоритма НДЗ3 ФКС авторами была собрана принципиальная схема СТЭ системы тягового электроснабжения (СТЭ) Сохондо – Лесная в программном комплексе MatLab Simulink на основе схемы замещения (рисунок 1).

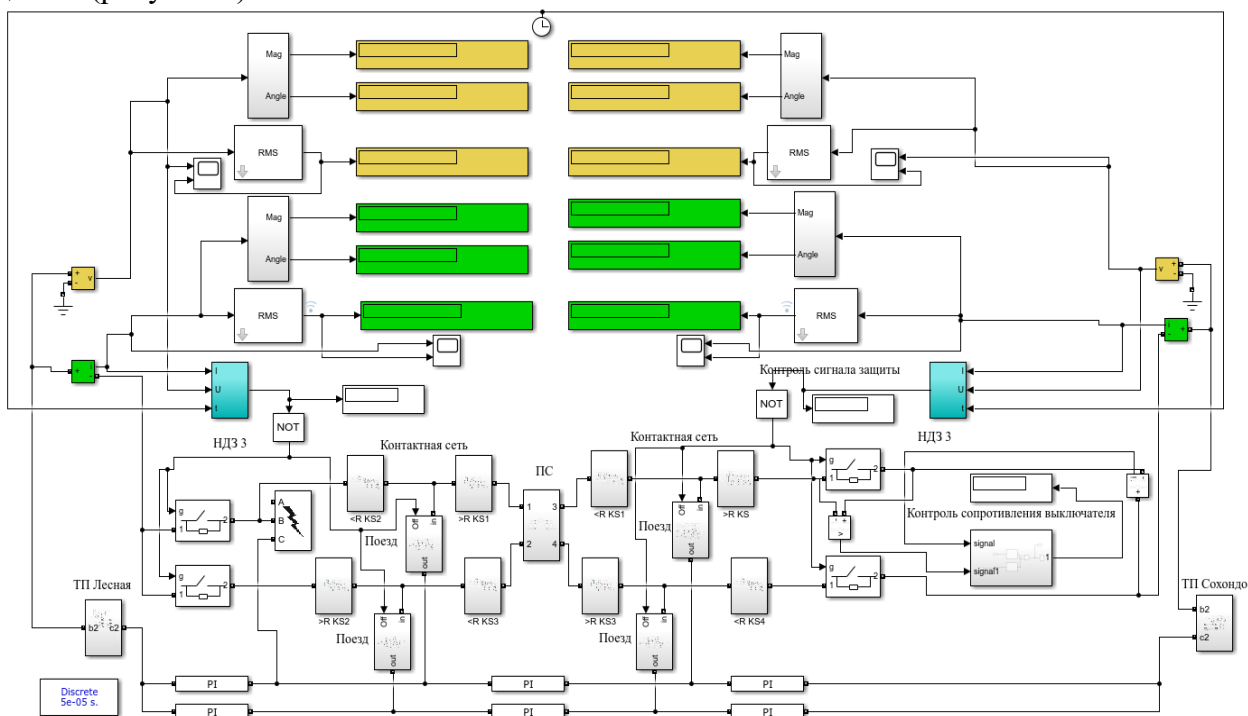


Рис. 1. Модель предлагаемой НДЗ ФКС применительно к участку СТЭ Лесная-Сохондо

Так же была собрана НДЗ ФКС 3 ступени с параметром измерения скорости изменения напряжения [2] (рисунок 2)

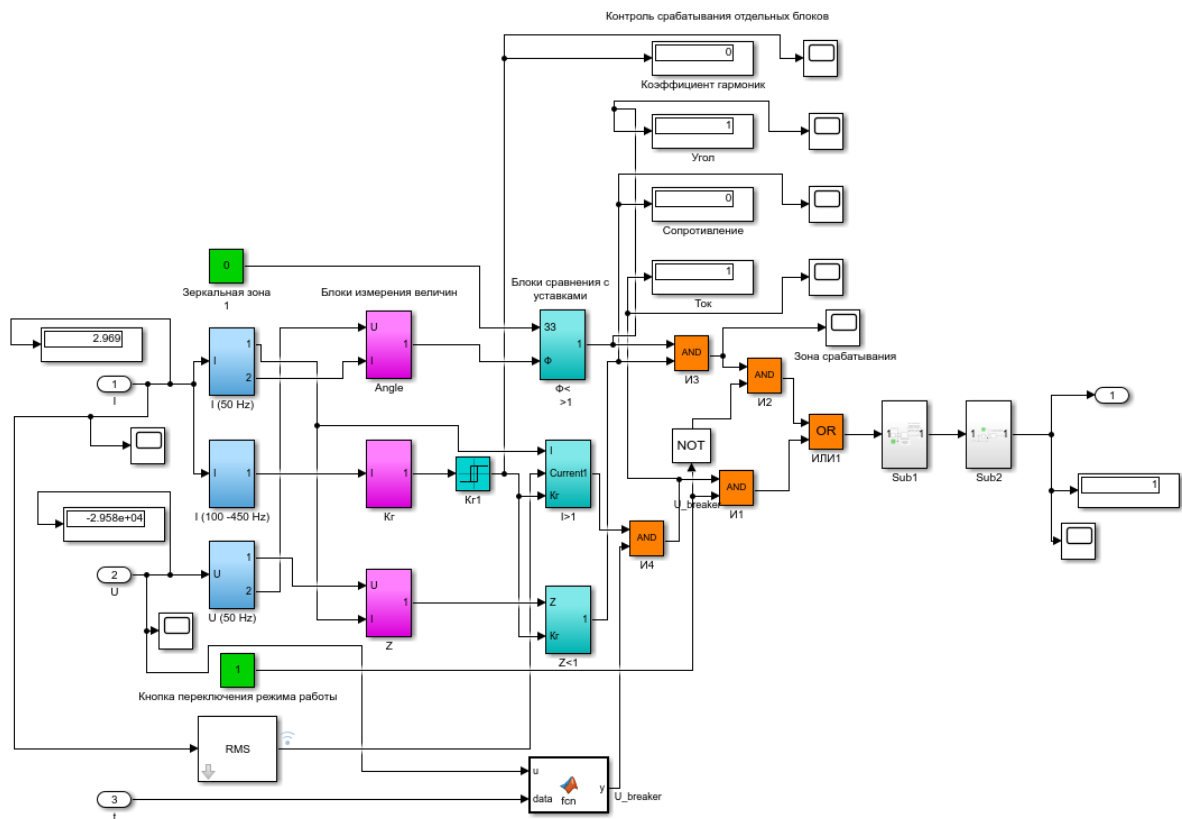


Рис. 2. Модель резервной ступени НДЗ ФКС с возможностью контроля скорости измерения напряжения

На рисунке 3 представлена обобщенная функциональная схема третьей ступени микропроцессорных комплексов защит фидеров контактной сети, таких как ИнТЕР, ЦЗА, БМРЗ [4].

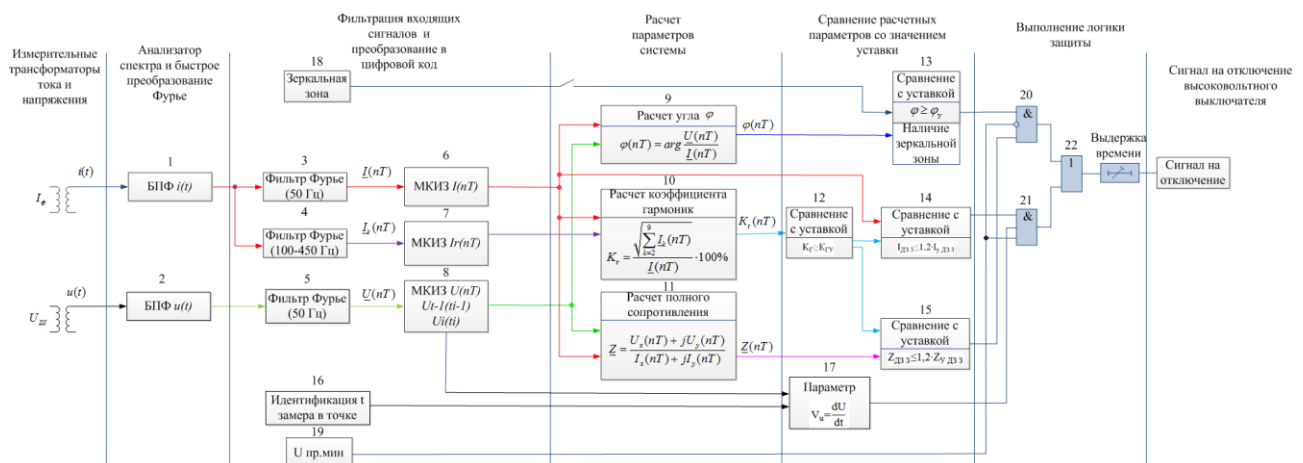


Рис. 3 Типовая схема резервной ступени НДЗ ФКС микропроцессорных защит

Данная схема отображает преобразование первичных входных данных в виде тока и напряжения до уровня подачи сигнала на отключение высоковольтного выключателя [4].

На вход фильтра подается аналоговый периодический несинусоидальный сигнал в виде тока и напряжения. Далее напряжение и ток анализируются в режиме реального времени в устройстве быстрого преобразования Фурье (БПФ). Выходные сигналы дискретизируются и преобразуются из аналогового в цифровой сигнал. После этого применяется быстрое преобразование Фурье, что в свою очередь преобразует сигналы

временной области в область частотную и разбивает сигнал на его составные частоты, что позволяет их исследовать отдельно.

Измеряемые величины тока и напряжения обрабатываются через соответствующие полосовые фильтры частотой 50 Гц. Сигнал тока проходит более сложное преобразование полосового фильтра со 2 по 9 гармоники для диагностики режима – нормальный или аварийный.

Затем осуществляется обработка сигнала с использованием малой контрольно-измерительной защиты. Сигналы делятся на основные и высшие гармоники, вычисляются параметры системы и сравниваются с уставками по коэффициенту гармоник (K_G), углу (φ), току ($I_{ДЗЗ}$), и сопротивлению ($Z_{ДЗЗ}$) на комплексной плоскости [5].

Для отстройки от пусковых токов локомотивов производится уменьшение уставки на 20% по току и сопротивлению. Элементы с гистерезисом формируют логические сигналы в зависимости от результатов сравнения на его выходе формируется «логическая 1», в противоположном случае на выходе формируется «логический 0».

Параллельно работает блок для измерения скорости изменения напряжения путем вычисления угла наклона синусоиды напряжения как \arctg . Параметр измерения скорости изменения напряжения выполняет функцию детекции короткого замыкания в системе тягового электроснабжения железной дороги, используя анализ напряжения контактной сети и времени по точкам в зависимости от напряжения.

Наличие зеркальной зоны позволяет увеличить зону срабатывания. Контроль срабатывания осуществляется по углу $\varphi \geq \varphi_y$. Если угол между током и напряжением превышает угол уставки, то защита формирует «логическую 1» на срабатывание и переходит на выдержку времени.

При исследованиях работы созданной имитационной модели с блоком измерения скорости изменения напряжения получен результат сохранения селективной работы защиты в нормальном режиме при пусковых токах до 1200 А. Ложного срабатывания защиты не происходит. Без данного блока происходит стандартное срабатывание защиты при таких пусковых токах, воспринимающей данный режим как удаленное короткое замыкание. Адекватность работы модели доказана экспериментально.

Результаты имитационных исследований приведены на рисунке 4.

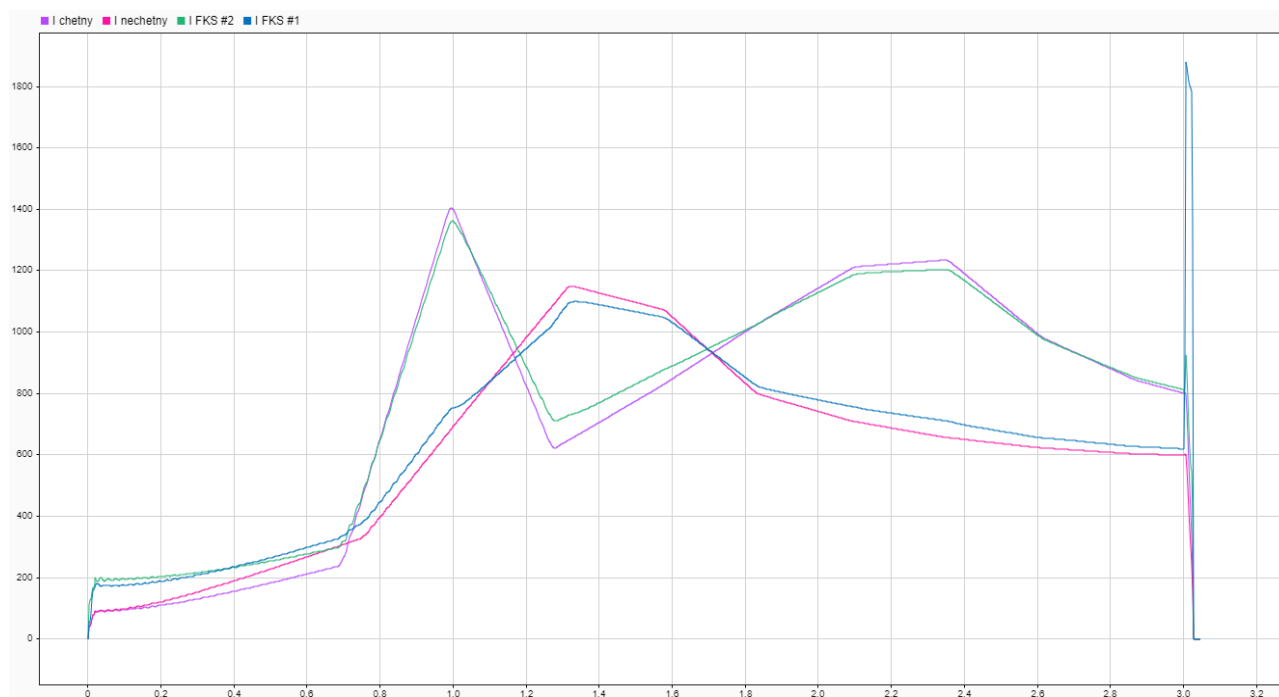


Рис. 4 Измерение тока во времени при работе резервной ступени НДЗ ФКС с учетом скорости измерения напряжения

Заключение

Разработанная модель участка СТЭ Лесная - Сохондо с направленной дистанционной защитой и проведенные исследования работы защиты с использованием нового запрограммированного блока измерения скорости изменения напряжения показали, что ложное срабатывание защиты было исключено при использовании нового параметра. Это позволяет предотвратить остановку поездов, задержки и ограничения движения. Внедрение данного параметра в НДЗ ФКС поможет повысить надежность работы системы и обеспечить бесперебойное электроснабжение на железнодорожном участке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО РЖД 07.021.1-2019. "Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Часть 1. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах электроснабжения". Распоряжение ОАО "РЖД" от 15.01.2020 N 37/р. – 34 с.
2. Устройство третьей ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети. / Трифонов Р. С., Филиппов С. А., Яковлев Д. А., Соловьёва О. А. // № RU 201026 U1 дата регистрации 05.06.2020 г., опубликовано 24.11.2020 г. Бюл. №33
3. Руководство по эксплуатации 1СР.251.249 - 02 РЭ. Устройство цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети ЦЗА-27,5-ФКС. 53 с.
4. Трифонов Р. С. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации Омск 2016, 187 с.
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. STO Russian Railways 07.021.1-2019. "Protection of railway power supply systems from short circuits and overloads. Part 1. General principles and rules for constructing protection, interlocking and automation in power supply systems." Order of JSC Russian Railways dated January 15, 2020 N 37/r. – 34 с.
2. Device of the third stage of distance protection of contact network feeders. / Trifonov R. S., Filippov S. A., Yakovlev D. A., Solovieva O. A. // No. RU 201026 U1 registration date 06/05/2020, published 11/24/2020 Bull. No. 33
3. Operating manual 1SR.251.249 - 02 RE. Digital protection and automation device for overhead contact line feeder TsZA-27.5-FKS. 53 p.
4. Trifonov R.S. Increasing the selectivity of the backup stage of distance protection of contact network feeders based on adaptive identification Omsk 2016, 187 p.
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

Филиппов Сергей Анатольевич – к. т. н., доцент кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита e-mail: f5002941@mail.ru

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

Соколов Антон Станиславович – студент гр. СОД. 1-21-1, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: antonsokolov6999@gmail.com

Authors

Filippov Sergey Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Supply ", Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita e-mail: f5002941@mail.ru

Solovieva Oksana Aleksandrovna – St. Rev., of the Department of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: ksusha_s777@mail.ru

Sokolov Anton Stanislavovich – student of gr. SOD. 1-21-1, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: antonsokolov6999@gmail.com