

С. А. Филиппов¹, О. А. Соловьёва¹, Н. С. Выбойченко¹

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОЙ ДЗ ФКС ЗА СЧЁТ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация. В данной статье предложен метод совершенствования алгоритма работы адаптивной дистанционной защиты фидеров контактной сети за счёт контроля параметра измерения скорости изменения напряжения с целью достоверного отличия режима короткого замыкания от нормальных условий перевозочного процесса на электрифицированных железных дорогах.

Ключевые слова: релейная защита, система тягового электроснабжения, фидера контактной сети, скорость изменения напряжения, селективность.

S. A. Filippov¹, O. A. Solovieva¹, N. S. Vyboychenko¹

¹ Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, Russian Federation

IMPROVING THE ALGORITHM OF ADAPTIVE REMOTE PROTECTION OF THE CONTACT NETWORK BY CONTROLLING THE RATE OF VOLTAGE CHANGE

Abstract. This article proposes a method for improving the algorithm for adaptive remote protection of contact network feeders by controlling the voltage change rate measurement parameter in order to reliably distinguish the short circuit mode from normal conditions of the transportation process on electrified railways

Keywords: relay protection, traction power supply system, contact system feeder, voltage change rate, selectivity.

Введение

Устройство релейной защиты должно отвечать таким требованиям, как надежность, селективность, чувствительность, быстродействие и приоритетность [1]. Главной задачей релейной защиты является срабатывание защиты при коротких замыканиях на контролируемом объекте. Но при этом на нее воздействуют различные факторы, вносящие значимые погрешности, что ставит под вопрос адекватность работы данной защиты.

Уже более 7 лет на Забайкальской железной дороге - филиала ОАО «РЖД» в обороте находятся сдвоенные поезда повышенной массы 12600 тонн и 14200 (каждый четвертый) согласно действующим режимным картам. Повышенный вес поезда приводит к повышению максимального рабочего тока до значений тока уставки, из-за чего происходит ложное срабатывание защиты, что в свою очередь может привести к остановке поездов и задержке их в пути следования. Отказ в работе релейной защиты приводит к повреждению контактной сети и оборудования тяговой подстанции, либо ЭПС. Тем самым это вызывает значительные экономические потери.

Совершенствование алгоритма

Значение сопротивлений, как по величине, так и по фазе в качестве входных величин рассматриваемой защиты в нормальном и аварийном режиме работы СТЭ, что вызывает нарушение работы направленной дистанционной защиты. Как следствие – частые ложные срабатывания третьей ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети, в соответствии с ежегодно актуализированным паспортом каждой тяговой подстанции Забайкальской железной дороги. Наибольшее количество приходится на участки со сложным профилем и насыщенным графиком движения. В качестве примера можно привести Читинскую дистанцию Электроснабжения с тяговой подстанцией «Карымская», где в 2020 году произошло 362 срабатывания дистанционной защиты фидеров контактной сети, основная часть которых была ложная.

Ложные срабатывания защиты приводят к снижению надежности системы тягового электро-снабжения, что нарушает одно из основных требований, которое должна обеспечивать релейная защита.

Авторами была проанализирована статистика срабатываний устройств релейной защиты за 2021 год, в результате были выявлены следующие наиболее частые причины отключений:

- неустановленные причины;
- неисправности электрооборудования электроподвижного состава (ЭПС);
- перегрузка.

В 2021 году произошло 331 срабатывание устройств релейной защиты по неустановленным причинам, 437 из-за перегрузки и 140 из-за неисправности ЭПС.

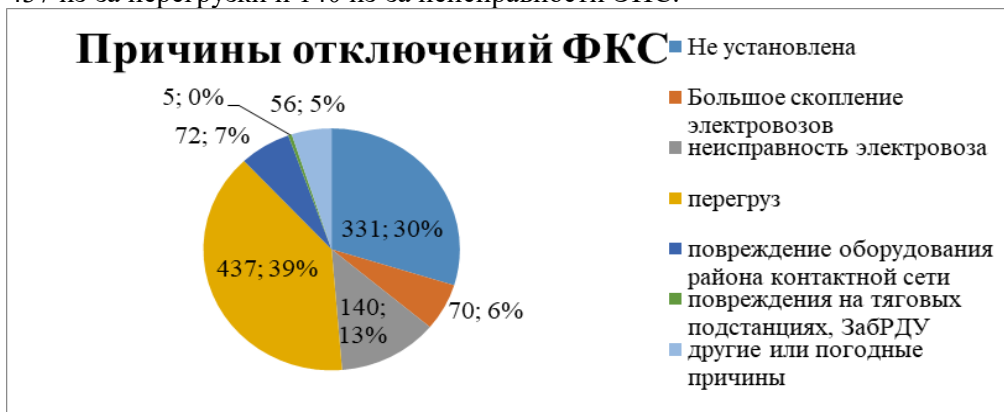


Рис. 1. Статистика срабатываний РЗ ФКС на Заб.ЖД за 2021

Основной защитой фидеров контактной сети является трехступенчатая дистанционная защита.

На рисунке 2 представлен график зон срабатывания всех ступеней ДЗ ФКС защит для узловой схемы питания.

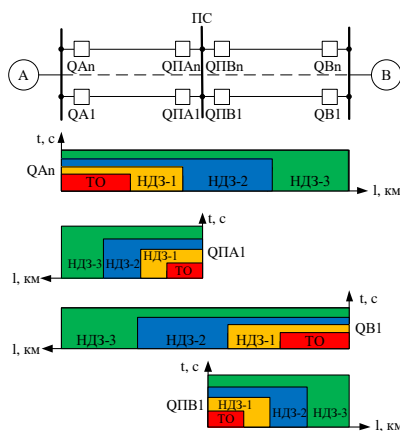


Рис. 2. График зон срабатываний всех ступеней ДЗ ФКС для узловой схемы питания

На фидерах поста секционирования дистанционную защиту, как правило, выполняют трехступенчатой.

Первая ступень дистанционной защиты выполняется без выдержки времени и с резервной токовой отсечкой.

Вторая ступень дистанционной защиты выполняется направленной и имеет выдержку времени от 0,3 до 0,5 с. с фазовым углом от 45° до 100°.

Третья ступень защиты имеет выдержку времени на ступень больше, чем вторая. Угловые характеристики, а также выполнение направленной или ненаправленной третьей ступени зависит от проверки на чувствительность.

Анализируя угловые характеристики сопротивления нагрузки, можно увидеть, что для нормального режима работы системы тягового электроснабжения Z_N вектор $Z(pT)$ принимает значения в широком диапазоне.

Данное состояние системы выражается следующим образом, представленным формулой 1, составленной для участка Сохондо – Лесная.

$$Z(nT) \in Z_N \begin{cases} Z_n > 50 \text{ Ом} \\ \varphi_{Z_n} = [30^0; 40^0] \end{cases} \quad (1)$$

Количественные величины параметров воздействующих величин уравнения (1) согласованы именно с характеристиками рассматриваемого участка. Значимое количество ложных срабатываний, указанное ранее, объясняется сложным профилем пути, когда в сочетании с тяжеловесным движением (каждый четвертый поезд сдвоенный – 10200 т) вектор сопротивления в нормальном режиме попадает в зону срабатывания ($25 \leq Z(nT) \leq 40$ Ом при угле $60^\circ \leq \varphi_2 \leq 79^\circ$). При этом в соответствие с [2] уставка срабатывания по углу Дистанционной защиты фидеров контактной сети должна иметь диапазон по углу $65^\circ - 75^\circ$, что явно частично совпадает с зоной нормального режима. В результате, если однозначно отстроиться от нормального режима возникает вероятность отказа защиты при КЗ (удаленное КЗ, большое переходное сопротивление и т.п.). При однозначной настройке на срабатывания при КЗ возникает вероятность ложных срабатываний в сложных нормальных режимах. Данная ситуация иллюстрируется на рисунке 3.

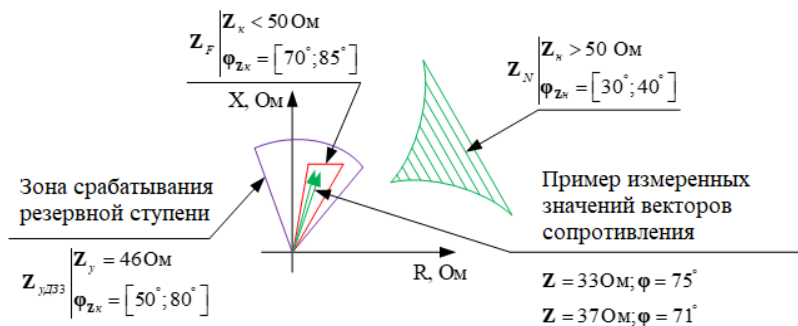


Рис. 3 – Возможные зоны сопротивления нагрузки

Согласно [3] принцип приоритетности регламентирует решение данного вопроса в область ложных срабатываний, как имеющее менее болезненные последствия. Практика эксплуатации устройств РЗ также подтверждает обоснованность такого выбора. Поэтому, в условиях неопределенности режима, ложные срабатывания 3 ступени ДЗ ФКС неизбежны (при использовании стандартного алгоритма, основанного на стационарном значении уставки).

Хорошие перспективы решения данной проблемы имеет вариант исполнения защиты с уствкой, постоянно отстраиваемой от нормального режима [4]. Ложные срабатывания в этом случае исключаются на 100%. Однако существует вероятность отказа защиты при сложном КЗ (удаленное КЗ, большое переходное сопротивление, большая погрешность трансформаторов тока), возникшем в момент сложного нормального режима (участок со сложным профилем, сдвоенный состав, пакетный график движения поездов после «окна»). Необходим дополнительный параметр, отслеживания которого позволит исключить подобную ситуацию.

Авторами предлагается в качестве такого параметра использовать скорость изменения напряжения. Функциональная схема такой защиты будет иметь вид:

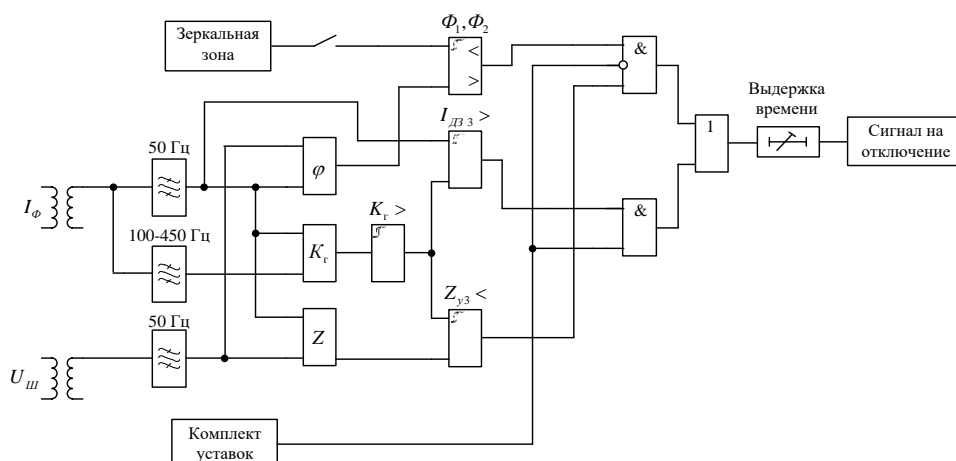


Рис. 4 – Обобщенная функциональная схема третьей ступени НДЗ ФКС

Заключение

Отслеживание скорости изменения напряжения позволяет однозначно отличить нормальный режим от короткого замыкания и устранить проблему ложных срабатываний 3 ступени ДЗ ФКС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804> (дата обращения: 10.10.2022).
2. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «Российские железные дороги». – М.: «ТРАН-СИЗДАТ», 2005. – 216 с.
3. СТО РЖД 07.021.1-2015 Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки, часть 1. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах тягового электроснабжения, утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 27.05.2015 г. №1351р.
4. Трифонов Р. С. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации Омск 2016, 21 с
5. Фигуронов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Релейная защита сетей тягового электроснабжения переменного тока: Учеб, пособие для студентов вузов ж.- д. транспорта/ под ред. Е. П. Фигурнова. – М.: Маршрут, 2006.-272 с.
6. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартиформ, 2014 г. – 20с.

REFERENCES

1. Development strategy of the Russian Railways Holding for the period up to 2030 – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804>(date of request: 10.10.2022).
2. Guidelines for the relay protection of traction power supply systems. Department of Electrification and Power Supply of JSC Russian Railways. - М.: "TRANSIZDAT", 2005. - 216 p.
3. STO RZD 07.021.1-2015 Protection of railway power supply systems from short circuits and overload, Part 1. General principles and rules for the construction of protections, locks and automation in traction power supply systems, approved by the Order of JSC "RZD" dated 27.05.2015 No. 1351r.
4. 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.

5. Figuronov E.P., Zharkov Yu.I., Petrova T.E. Relay protection of networks of traction power supply of alternating current: Textbook, a manual for students of higher educational institutions of railway transport / ed. E. P. Figurnova. – M.: Route, 2006.-272 p.

6. GOST 32144-2013. Electrical energy. Compatibility of technical means is electromagnetic. Standards of quality of electric energy in general-purpose power supply systems. – M.: Standartinform, 2014 - 20s.

Информация об авторах

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

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

Выбойченко Надежда Сергеевна – студент гр. СОД. 1-19-1, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: nadyavko@yandex.ru

Information about the authors

Sergey Anatolevich Filippov – Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the department «Power Supply», *Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, Russian*, e-mail: f5002941@mail.ru

Oksana Aleksandrovna Solovieva – senior lecturer of the department «Power Supply», *Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita, Russian*, e-mail: ksusha_s777@mail.ru

Nadezhda Sergeevna Vyboychenko – student of gr. SOD. 1-19-1, *Zabaikalsky Institute of Railway Transport, Chita*, e-mail: nadyavko@yandex.ru