

Блокировка несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей в тяговой сети постоянного тока

ЗАТОРСКАЯ Л.П.

Электрифицированная железная дорога – это система взаимосвязанных сложнейших технических сооружений. Высокое качество работы системы энергоснабжения зависит от успешного решения ряда технических задач путем комплексного подхода и внедрения различных научно-технических мероприятий. Особое значение приобретает состояние тяговой сети. При движении токоприемника электровоза по ветвям изолирующего воздушного промежутка и переходе с одной зоны питания на другую велика вероятность ложного отключения питания ветви, на которую въезжает электроподвижной состав. Это может произойти по причине специфических характеристик срабатывания защитных устройств. В этом случае между движущимся токоприемником электровоза и ветвью, с которой съезжает электровоз, загорается электрическая дуга, пережигая провод контактной сети. В статье представлено устройство, обеспечивающее бесперебойную работу элементов тяговой сети постоянного тока при проезде электровоза изолирующего воздушного промежутка. Прототипом является защитное устройство в виде реле-дифференциального шунта, позволяющее отключить питающую линию тяговой сети при малом значении быстро изменяющегося тока короткого замыкания. Представлены результаты моделирования переходного процесса в питающих линиях тяговой сети. На основе полученных данных разработаны параметры схемы блокировки ложных отключений быстродействующих выключателей смежных питающих линий тяговой сети.

К л ю ч е в ы е с л о в а: *тяговая сеть, постоянный ток, быстродействующие выключатели, реле-дифференциальные шунты, блокировка ложного срабатывания, моделирование переходного процесса*

Во время замыкания токоприемником электровоза ветвей изолирующего воздушного промежутка (ИВП) тяговой сети постоянного тока ток нагрузки, доставляемый ранее питающей линией тяговой сети (ПЛТС), по которой двигался электровоз, перераспределяется между данной и подключившейся ПЛТС [1]. Происходит уменьшение тока на ПЛТС, по которой двигался электровоз, и такое же приращение тока на подключившейся ПЛТС. Одновременное и резкое изменение тока приводит к срабатыванию быстродействующих устройств смежных ПЛТС и ложному отключению зоны питания, въезду электровоза под током на отключенную зону, возникновению электрической дуги и пережиганию контактного провода, остановке поезда.

Устройство блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующих выключателей (БВ) смежных ПЛТС постоянного тока (рис. 1) состоит из неполяризованных быстродействующих выключателей и модернизированных реле-дифференциальных шунтов РДШ(М) [2], отличающихся наличием дополнительной катушки (ДК) на его магнитопроводе.

Прототипом является защитное устройство в виде РДШ [3], которое и позволяет отключить ПЛТС при малом значении быстро изменяющегося тока КЗ. Именно специфика работы устройства защиты на смежных ПЛТС (осуществляемого с помощью неполяризованных выключателей и первичных датчиков защиты – реле-дифференциальных шунтов) приводит к ложным срабатываниям БВ зоны питания подключившейся ПЛТС.

Приращение тока в сети и на шинах РДШ(М) смежных ПЛТС при движении токоприемника электровоза по ветвям ИВП носит характер переходного процесса. Его моделирование формируется построением трех последовательных этапов [4]:

движением токоприемника электровоза по ветви тяговой сети, с которой он съезжает;

движением токоприемника электровоза по двум ветвям ИВП и питанием его от двух смежных ПЛТС;

отрывом токоприемника электровоза от ветви ИВП, с которой съезжает, и движением токоприемника электровоза по ветви, на которую он въезжает.

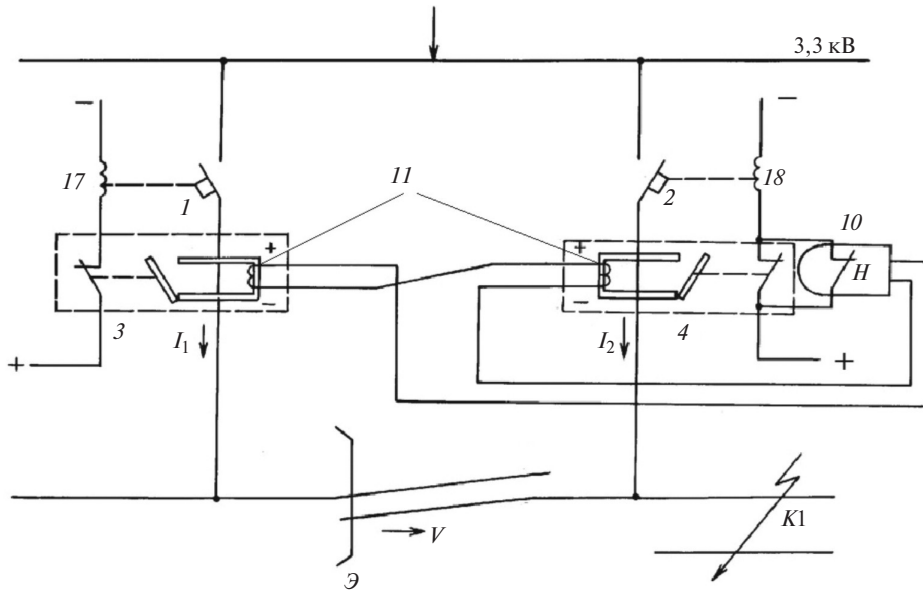


Рис. 1. Устройство блокировки ложного срабатывания БВ смежных ПЛТС

В результате моделирования переходного процесса получены зависимости токов и напряжения на зажимах дополнительных катушек (ДК), расположенных на магнитопроводах РДШ(М) смежных ПЛТС.

На рис. 2 представлены зависимости токов в шинах РДШ(М), ПЛТС, на которую въезжает электровоз, и напряжения на зажимах дополнительной катушки данного РДШ(М) (состоящей из одного витка) в функции времени (рис. 2).

В схеме (рис. 1) первый вывод ДК 11 левой ПЛТС подключен к реле напряжения 10 с нормально замкнутыми контактами, а второй вывод ДК 11 подсоединен к первому выводу ДК 11 правой ПЛТС, питающей ветвь ТС, на которую въезжает электровоз. Второй вывод ДК 11 правой ПЛТС подключен к оставшемуся выводу реле напряжения 10. В свою очередь, контакты этого реле напряжения подключены параллельно контактам РДШ(М) 4 правой ПЛТС.

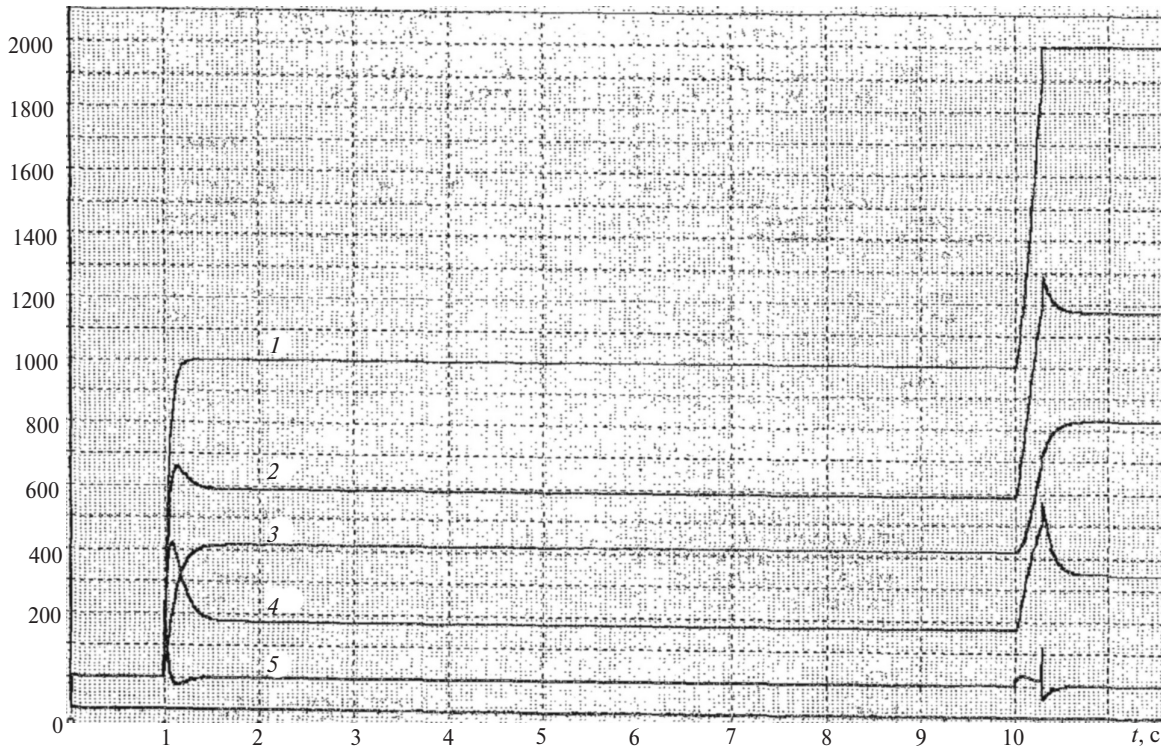


Рис. 2. Зависимости токов и напряжения на зажимах дополнительной катушки от времени ПЛТС, на которую въезжает электровоз: 1 — $I_{ф.пр}$ — ток ПЛТС, на которую въезжает электровоз; 2 и 3 — I_1 и I_2 — токи в шинах РДШ данной ПЛТС; 4 — $I_2 - I_1$ — разность токов в шинах РДШ; U_K — напряжение на зажимах дополнительной катушки РДШ(М)

Устройство работает следующим образом. При замыкании токоприемником ветвей ИВП ток левой ПЛТС I_1 мгновенно изменяется (уменьшается) на значение $\Delta I_{\phi 1}$. Очевидно, на такое же значение ($\Delta I_{\phi 2}$) увеличивается ток I_2 правой ПЛТС. При таких изменениях тока в ДК 11 РДШ(М) 3 и 4 левой и правой ПЛТС наводятся напряжения. Однако ДК РДШ(М) смежных ПЛТС соединены последовательно таким образом, что их суммарное напряжение, подводимое к реле напряжения 10, в случае, если одновременно в одной из смежных ПЛТС происходит отрицательное, а в другой положительное приращение тока одинакового значения, равно нулю. При этом напряжения на выходах ДК 11 РДШ(М) 3 и 4 компенсируют («уничтожают») друг друга. Поэтому, если реле напряжения 10 задать уставку по напряжению, большую нуля, но меньшую значения напряжения, наводимого в ДК 11 каждого РДШ(М), то в указанной ситуации оно не сработает. Несмотря на срабатывание РДШ(М) 4 правой ПЛТС от приращения тока и соответственно размыкания его контактов, отключения БВ 2 не произойдет, так как катушка управления БВ 13 будет продолжать обтекаться током через нормально замкнутые контакты реле напряжения 10.

С другой стороны, если произойдет КЗ в ветви, на которую въезжает электровоз (например, в точке К1), то БВ 2 этой ПЛТС отключит замыкание, потому что сработает РДШ(М) 4 этой ПЛТС и разомкнет свои нормально замкнутые контакты. Одновременно сработает реле напряжения 10, поскольку подводимое к нему напряжение будет большим значения уставки этого реле напряжения и будет также напряжением, наводимым в ДК 11 РДШ(М) 4 ПЛТС ветви, на которой произошло КЗ (в данном случае ветви, на которую въезжает электровоз).

Таким образом, исключается въезд электровоза на отключенную зону питания – переход питания

на смежную зону происходит без реакции БВ на приращение тока. Следовательно, не произойдет пережигания проводов контактной сети, возгорание электрической дуги в данном случае исключено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Заторская Л.П.** Проезд электровоза под током изолирующего воздушного промежутка тяговой сети постоянного тока. Наука и техника транспорта, 2018, № 3, 66 с.
2. **Пат. РФ № 2254657.** Схема защиты смежных фидеров тяговой сети постоянного тока (варианты)/Л.П. Заторская, В.Н. Пупынин, 2005.
3. **Пупынин В.Н.** Полная теория работы и характеристика параллельных индуктивных шунтов быстродействующих выключателей топов ВАБ-2, АБ-2/4, АБ-2/3 и реле дифференциальных шунтов выключателей ВАБ-28. — Труды МИИТ, 1965, № 213, с. 61–86.
4. **Заторская Л.П.** Моделирование процессов в тяговой сети и параметры подключения блокировки. — Мир транспорта, 2017, № 1, с.76.
5. **Бей Ю.М., Мамошин Р.Р., Пупынин В.Н., Шалимов М.Г.** Тяговые подстанции. М.: Транспорт, 1986, 320 с.
6. **Белкин Г.С.** Коммутационные процессы в электрических аппаратах. М.: ЗНАК, 2003, 244 с.
7. **Векслер М.И.** Защита тяговой сети постоянного тока от токов короткого замыкания. М.: Транспорт, 1976, 120 с.
8. **Воронин А.В.** Электроснабжение электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт, 1983, 496 с.
9. **DC Traction Network**, Design and simulation, Secheron SA [Электрон. ресурс] substations@secheron, www.Secheron.com Copyright 2007 Secheron SA (дата обращения 11.12.2019).
10. **Ерохин Е.А.** Монтаж и капитальный ремонт контактной сети и воздушных линий. М.: ГОУ «УМЦ», 2007, 220 с.

[25.12.2019]

А в т о р: **Заторская Лада Павловна** — кандидат техн. наук, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика транспорта» Российского университета транспорта (МИИТ), диссертацию защитила в 2019 г.

Interlocking Unauthorized Actuation of High-Speed Circuit Breakers in Adjacent Feeding Lines of a DC Traction Network

ZATORSKAYA Lada P. (Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia) — Senior Teacher of Electroenergetics of Transport Dept., Cand. Sci. (Eng.)

Electric railway is a system of very complex interconnected technical structures. High-quality operation of the power supply system depends on successful solution of a number of technical tasks by applying an integrated approach and introducing various scientific-technical measures. The traction network state is becoming of special importance. When an electric locomotive's pantograph moves along the branches of the insulating air gap and when a transition is made from one power supply zone to another, there is a high probability of false disconnection of power supply to the branch the electric stock drives in. This may

This may happen due to specific characteristics according to which the protection devices come in action. In this case, an electric arc emerges between the moving pantograph of the electric locomotive and the branch it leaves; this arc burns out the contact system wires. A device ensuring uninterrupted operation of DC traction network elements when an electric locomotive passes the insulating air gap is presented. The protective device in the form of a differential shunt relay, the use of which makes it possible to disconnect the traction network feeding line at a small value of a rapidly changing short-circuit current, serves as a prototype. The results from simulating a transient that occurs under such conditions in the traction network feeding lines are presented. Based on the obtained data, the parameters of a circuit for interlocking false disconnections performed by high-speed circuit breakers in the traction network adjacent feeding lines have been developed.

Key words: *traction network, direct current, high-speed circuit breakers, differential shunts relay, interlocking of false actuation, simulation of a transient*

REFERENCES

1. **Zatorskaya L.P.** *Nauka i tekhnika transporta – in Russ. (Science and Technique of Transport)*, 2018, No. 3, 66 p.
2. **Pat. RF № 2254657.** *Skhema zashchity smezhnykh fiderov tyagovoy seti postoyannogo toka (varianty)* (Scheme of protection of adjacent feeders of a DC traction network (options)/L.P. Zatorskaya, V.N. Pupynin, 2005.
3. **Pupynin V.N.** *Trudy MIIT – in Russ. (Proc. of MIIT)*, 1965, No. 213, pp. 61–86.
4. **Zatorskaya L.P.** *Mir transporta – in Russ. (World of Transport)*, 2017, No. 1, p. 76.
5. **Bey Yu.M., Mamoshin R.R., Pupynin V.N., Shalimov M.G.** *Tyagovyye Podstantsii* (Traction Substation). M.: Transport, 1986, 320 p.
6. **Belkin G.S.** *Kommutatsionnyye protsessy v elektricheskikh apparatakh* (Switching processes in electrical devices). M.: ZNAK, 2003, 244 p.
7. **Veksler M.I.** *Zashchita tyagovoy seti postoyannogo toka ot tokov korotkogo zamykaniya* (DC traction network protection against currents short circuit). M.: Transport, 1976, 120 p.
8. **Voronin A.V.** *Elektrosnabzheniye elektrifitsirovannykh zheleznnykh dorog* (Electricity supply for electrified iron roads). M.: Transport, 1983, 496 p.
9. **DC Traction Network**, Design and simulation, Secheron SA [Elektron. resourse] substations@secheron, www.Secheron.com Copyright 2007 Secheron SA (Data of appeal 11.12.2019).
10. **Yerokhin Ye.A.** *Montazh i kapital'nyy remont kontaktnoy seti i vozdushnykh liniy* (Installation and overhaul of the contact network and overhead lines). M.: GOU «UMTs», 2007, 220 p.

[25.12.2019]