

Ю. И. ЖАРКОВ, Е. П. ФИГУРНОВ (РГУПС)

Ростовский государственный университет путей сообщения, кафедра Автоматизированные системы электропостачания, Россия, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, тел.: (863) 27-26-385, эл. почта: [asel@rgups.ru](mailto:asel@rgups.ru)

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ ТЯГОВОЙ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗКАХ

С увеличением мощности локомотивов, массы грузовых поездов, скоростей движения существенно обостряются вопросы надежной защиты от токов короткого замыкания контактной сети. Особенно остро эта проблема стоит для системы постоянного тока, где пусковые токи электровозов соизмеримы с токами удаленных коротких замыканий и отличить их друг от друга не всегда возможно.

**1 (нормальный режим).** В качестве пускового тока (тока трогания) электроподвижного состава (ЭПС), для выбора уставок защит принимается наибольшее мгновенное (пиковое) значение тока в режиме трогания поезда с ме-

ста. Для ЭПС со ступенчатым реостатным регулированием в режиме пуска наибольшие пики тока возникают при переходе на параллельное соединение тяговых электродвигателей и при ослаблении поля. Так, например, при трогании состава с электровозами ВЛ11, ВЛ15С и пиковыми значениями пускового тока, ток в присоединении контактной сети достигает примерно 6000 А. В то же время, при КЗ возле поста секционирования, например, на расстоянии 7 км ток этого присоединения (с учетом падения напряжения в дуге) может оказаться лишь чуть больше 5000 А (табл. 1).

Таблица 1

Пиковые значения токов трогания

Серия ЭПС	Число секций или моторных вагонов	Мощность часового режима $P_{ч}$ , кВт	Мощность длительного режима $P_{дл}$ , кВт	КПД $\eta$	Наибольший пик тока трогания $I_{тр}$ , А
ВЛ8	2	4200	3760	0,89	2350
ВЛ10, ВЛ10 <sup>у</sup>	2	5360	4600	0,90	2900
ВЛ11, ВЛ11 <sup>м</sup>	2	5360	4600	0,88	2850
	3	8040	6900		4100
ВЛ15	2	9000	8400	0,88	4600
ВЛ15С	3	13500	12600	0,88	6900
ЧС2, ЧС2 <sup>х</sup>	1	4620	4080	0,91	2500
ЧС3	1				1600
ЧС6, ЧС200	2	8400		0,91	4200
ЧС7	2		6160	0,9	3500
ЭП20	2	8750*			3040
Velaro RUS В1 «Сапсан»	4	9200*			3300

В этих случаях либо во время трогания поезда контактная сеть слишком часто будет внезапно отключаться, либо, если такое ложное и вредное отключение исключить выбором уставки защиты, на контактной сети появляются так называемые «мертвые зоны», короткие замыкания на которых защита не чувствует. Контактная сеть не отключается и провода пережигаются. Движение поездов останавливается.

Если же за режим пуска принимать тот, который приведен в Правилах производства тяговых расчетов (ППТР), то уставку защиты во

многих случаях вообще выбрать не удастся. Вместе с тем, в реальных условиях машинисты иногда затягивают режим пуска, пусковые токи снижаются, снижаются и приращения токов при переходе на параллельные соединения тяговых двигателей и при ослаблении поля. Это позволяет избежать ложных отключений быстродействующих выключателей при пусках и обеспечить защиту от токов КЗ в зоне «подстанция-пост». Формально режим пуска должен отвечать ППТР, а фактически вероятно возможна договоренность между службой Э и

© Жарков Ю. И., Фигурнов Е. П., 2014

Дирекцией тяги относительно режима пуска в некоторых случаях, когда иначе уставку не выбрать. Поэтому в качестве полумеры для действующих участков, способной во многом снять эту остроту, следует предложить договариваться на дорогах энергетикам и локомотивщикам с тем, чтобы трогание поездов осуществлялось не по режиму, принятому в Правилах производства тяговых расчетов, а замедленно, с меньшими пусковыми токами.

Для вновь строящихся, реконструируемых или обновляемых участков эту проблему можно вообще снять, если вместо пунктов параллельного соединения устанавливать упрощенные посты секционирования, что выгодно и для надежности эксплуатации (сокращается вдвое длина обесточенного участка), и для повышения надежности отключения коротких замыканий до уровня, достигнутого в контактной сети переменного тока за счет т.н. «дальнего резервирования» (рис. 1).

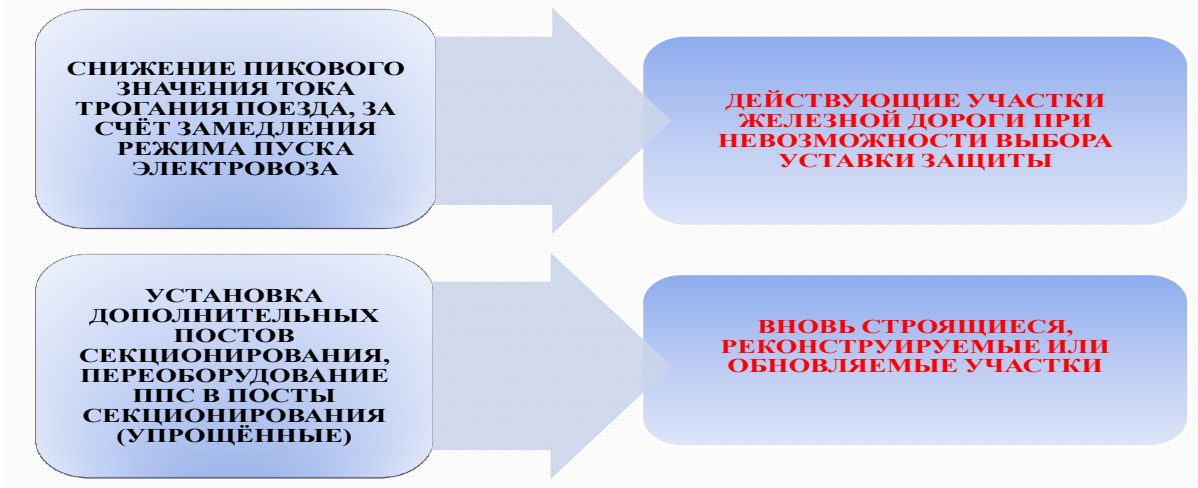


Рис. 1. Отстроенность защиты от токов нормального режима

**2 (короткое замыкание).** Очень важно правильно оценивать значение токов короткого замыкания. Наиболее опасными для контактной сети оказываются наименьшие токи КЗ, поскольку они мало отличаются от максимальных токов нормального режима и их трудно обнаружить.

Особенно опасны КЗ на тресе группового заземления. В соответствии с действующей Инструкцией по заземлению ЦЭ-191 (п.2.1.4.) сечение и марку проводов троса группового заземления следует выбирать так, чтобы трос не ограничивал ток КЗ. На самом деле при длине 1200 м (железобетонные опоры) трос очень ограничивает ток КЗ и создает мертвые зоны. Практику выбора этого троса марки АС-70, ПБСМ-70 считаем ошибочной, т.к. уже 600 м такого троса имеет сопротивление как несколько км контактной сети и он снижает ток КЗ. Хотя в Инструкции по заземлению записано, что трос группового заземления не должен снижать ток КЗ ниже значений, обеспечивающих надежную работу защиты. Однако это требование в большинстве случаев не выполняется. При интенсивном движении и кратной тяге на длине 1,5 – 2 км возле тяговых подстанций и постов секционирования вместо троса группового заземления следует в таких случаях применять индивидуальные заземления. Возможности применения троса группового заземления и его сечение

должны быть обоснованы расчетом, иначе могут образовываться мертвые зоны.

То же относится и к падению напряжения в дуге при КЗ, которое в расчетах принимается явно заниженным (соответственно одному тательчатому изолятору в пирамиде, хотя давно уже ставят два или три изолятора). Сейчас расчет токов КЗ не учитывает изложенное и ведется по несколько облегченным положениям. Нужно разработать соответствующие нормативные документы по методике расчета токов КЗ в контактной сети постоянного тока (рис. 2).

**3 (защита).** В последние годы подстанции постоянного тока оснащаются устройствами цифровых защит и автоматики фидеров ЦЗАФ-3,3. Устройство полезное, но там где ток КЗ меньше или соизмерим с наибольшими значениями тока нормального режима (с учетом тока трогания), оно не снимает остроты проблемы. И в этом случае следовало бы вместо пунктов параллельного соединения устанавливать посты секционирования.

Особенную пользу комплектов ЦЗАФ-3,3 мы видим в наличии дистанционной защиты, защите по минимальному напряжению и квазитепловой защите. Дистанционная защита в ряде случаев может несколько продлить защищаемую зону, сократить вдвое длину «мертвой зоны», принять на себя функцию основной защи-

ты. Кваситепловая защита должна быть обязательно включена в работу на всех присоединениях. Она является мощным средством для защиты от перегрузок, отжига проводов контактной сети при неотключенных КЗ на электроподвижном составе, которые не обнаруживаются основной защитой. Кваситепловую защиту следует обязательно включать и в комплект ЦЗАФ-27,5 (ИнТер) для контактной сети переменного тока тоже.

С увеличением размеров перевозок, скоростей движения и массы поездов на участках постоянного тока существующая защита на по-

стах секционирования и пунктах параллельного соединения может оказаться недостаточной и понадобятся резервные и дополнительные защиты. Возможно, придется думать о каком-то более простом терминале для них. Или еще проще – использовать типовые (существующие) датчики тока и напряжения производства ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» с небольшим микропроцессорным комплексом (или без него), который легко может освоить МЭЗ ОАО «РЖД», поскольку защита по переходным процессам здесь не нужна (рис. 3).

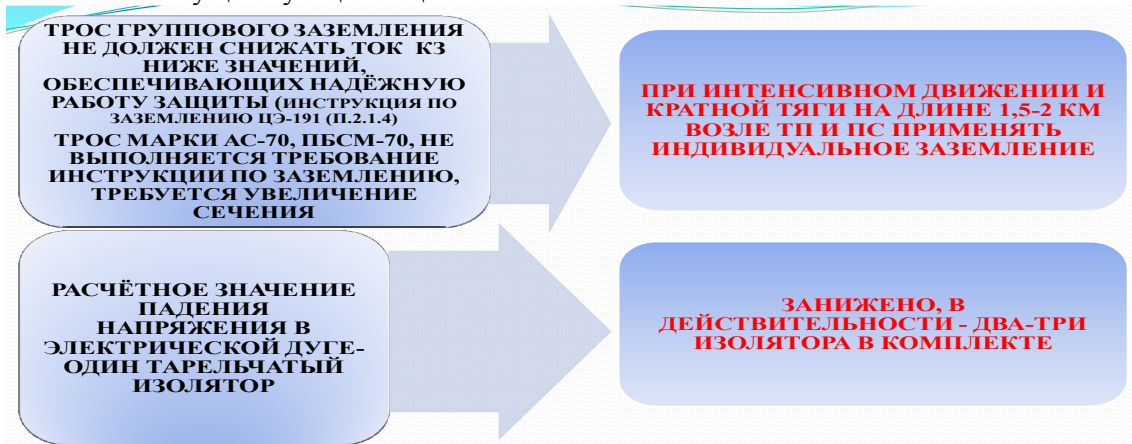


Рис. 2. Аварийный режим (короткое замыкание)

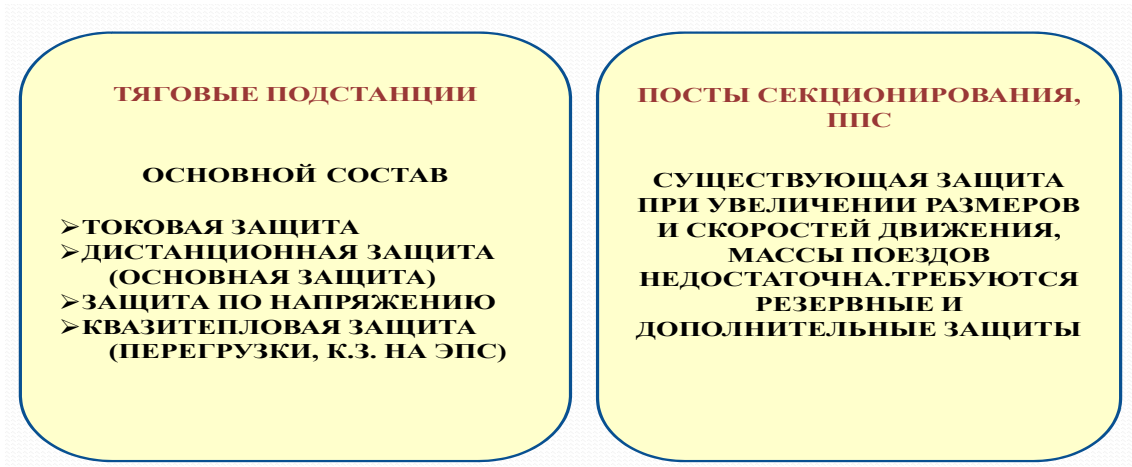


Рис. 3. Цифровые защиты присоединений контактной сети

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фигурнов Е. П. Релейная защита: учебн. для студентов электротехнических и электромеханических специальностей трансп. и др. вузов / Е. П. Фигурнов. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 565 с.
2. Фигурнов Е. П. Релейная защита устройств электропоставання железных дорог: учебн. для вузов ж.д. трансп. / Е. П. Фигурнов. – М.: Транспорт, 1981. – 215 с.
3. Бурков А. Т. Электронная техника и преобразователи: Учебн. для вузов ж.-д. трансп. М.: Транспорт, 1999. – 464 с.

REFERENCES

1. Figurnov E. P. *Releynaya zashchita: uchebn. dlya studentov elektrotekhnicheskikh i elektromekhanicheskikh spetsial'nostey transp. i dr. vuzov* [Relay protection: a textbook for students of electrical and electromechanical specialties of transport. and others. universities]. Kyiv, Transport of Ukraine Publ., 2004. 565 p.
2. Figurnov E. P. *Releynaya zashchita ustroystv elektrosnabzheniya zheleznykh dorog: uchebn. dlya vuzov zh.d. transp.* [Relay protection the devices of railway power supply: textbook. for universities of railway

© Жарков Ю. И., Фигурнов Е. П., 2014

Поступила в печать 19.05.2014.

**Ключевые слова:** тяговая сеть, постоянный ток, релейная защита, короткое замыкание.

transport]. Moscow, Transport Publ., 1981. 215 p.

3. Burkov A. T. *Elektronnaya tekhnika i preobrazovateli: uchebn. dlya vuzov zh.-d. transp.* [Electronic technique and converters: textbook. for universities of railway transport]. Moscow, Transport Publ., 1999. 464 p.

Внутренний рецензент *Кузнецов В. Г.*

Внешний рецензент *Панасенко Н. В.*

В работе широко рассмотрена проблема защиты контактной подвески от тока короткого замыкания. Особенно остро эта проблема стоит для системы постоянного тока, где пусковые токи электровозов соизмеримы с токами удаленных коротких замыканий и отличить их друг от друга не всегда возможно. Рассмотрена проблематика «мертвых зон» и значений уставок в тяговой сети. В реальных условиях машинисты допускают затягивание режим пуска, пусковые токи снижаются, снижаются и приращенные токов при переходе на параллельные соединения тяговых двигателей и при ослаблении поля. Это позволяет избежать ложных отключений быстродействующих выключателей при пусках и обеспечить защиту от токов КЗ в зоне «подстанция-пост». Формально режим пуска должен отвечать ППТР, а фактически вероятно возможна договоренность между службой Э и Дирекцией тяги относительно режима пуска в некоторых случаях, когда иначе уставку не выбрать. Наиболее опасными для контактной сети оказываются наименьшие токи коротких замыканий, поскольку они мало отличаются от максимальных токов нормального режима и их трудно обнаружить.

### УДК 621.331.3

Ю. И. ЖАРКОВ, Е. П. ФИГУРНОВ (РДУШС)

Ростовський державний університет шляхів сполучення, кафедра Автоматизовані системи електропостачання, Росія, 344038, м. Ростов-на-Дону, пл. Ростовського Стрілецького Полку Народного Повстання, буд. 2, тел.: тел.: (863) 27-26-385, ел. почта: [asel@rqups.ru](mailto:asel@rqups.ru)

## ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ СТРУМОВИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

У роботі широко розглянуто проблему захисту контактної підвіски від струму короткого замикання. Особливо гостро ця проблема стоїть для системи постійного струму, де пускові струми електровозів співставні зі струмами віддалених коротких замикань і відрізнити їх один від одного не завжди можливо. Розглянута проблематика «мертвих зон» і значень уставок в тяговій мережі. У реальних умовах машиністи допускають затягування режиму пуску, пускові струми знижуються, знижуються і приращення струмів при переході на паралельні з'єднання тягових двигунів і при ослабленні поля. Це дозволяє уникнути помилкових відключень швидкодіючих вимикачів при пусках і забезпечити захист від струмів КЗ в зоні «підстанція-пост». Формально режим пуску повинен відповідати ППТР, а фактично ймовірно можлива домовленість між службою Е і Дирекцією тяги щодо режиму пуску в деяких випадках, коли інакше уставку не вибрати. Найбільш небезпечними для контактної мережі виявляються найменші струми коротких замикань, оскільки вони мало відрізняються від максимальних струмів нормального режиму і їх важко виявити.

**Ключові слова:** тягова мережа, постійний струм, релейний захист, коротке замикання.

Внутрішній рецензент *Кузнецов В. Г.*

Зовнішній рецензент *Панасенко М. В.*

### UDC 621.331

Y. I. ZHARKOV, E. P. FIGURNOV (RSURT)

Rostov State University of Railway Transport, Department of Automated Power Supply Systems, Russia, 344038, Rostov-on-Don, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia Square, h. 2, tel.: (863) 27-26-385, e-mail: [asel@rqups.ru](mailto:asel@rqups.ru)

## THE PROBLEMS OF ORGANIZATION THE PROTECTION OF THE DC TRACTION NETWORK FROM THE SHORT-CIRCUIT FAULTS AT THE HIGH CURRENT LOADS

In this paper, widely considered the problem of protection of overhead catenary from short-circuits currents. Particularly acute that problem is for the DC system, where the starting current of electric locomotives with remote short circuit currents and to distinguish them from each other is not always possible. The problems of «dead zones» and set values in the traction network are also considered. In the real world of real machinists sometimes delaying the start mode, the starting currents are reduced, and reduced increment currents during the transition to the parallel connection of traction motors and the weakening of the field. This avoids nuisance tripping speed circuit during start-up and provide protection against short-circuit currents in the zone "substation-post". Formally start mode must agree with PPTR but in fact probably possible agreement between the Traction and Power Supply Departments about the draw as the start mode, in some cases, when the setting is not otherwise choose. Most dangerous for the catenary are the lowest short-circuit currents, since they do not differ much from the current maximum normal and difficult to detect.

**Keywords:** traction network, direct current, relay protection, short circuit.

Internal reviewer *Kuznetsov V. G.*

External reviewer *Panasenko M. V.*

© Жарков Ю. И., Фигурнов Е. П., 2014