

Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СПОСОБАХ ЗАЩИТЫ ОТ ПСЕВДОАВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ДВУХОСНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Рассмотрены вопросы моделирования аномальных ситуаций в тяговых электротехнических комплексах постоянного тока с тиристорно-импульсными преобразователями напряжения питания тяговых двигателей. Приведены структуры систем защит в виде базовых сетей Петри.

Розглянуті питання моделювання аномальних ситуацій в тягових електротехнічних комплексах постійного струму з тиристорно-імпульсними перетворювачами напруги живлення тягових двигунів. Наведені структури систем захисту у вигляді базових мереж Петрі.

The Considered questions of modeling abnormal situation in tractive electrotechnical complex constant current with pulsed converter of the voltage of the feeding the tractive engines. The Broughted structures of the systems of protection in the manner of backbone networks Petri.

Введение. На предприятиях горно-металлургической отрасли Украины работают около пяти тысяч двухосных электровозов. Около 85 % из них эксплуатируется в условиях подземного ведения работ.

Последнее десятилетие отмечается возрождением исследований в области создания энергоэффективных тяговых электротехнических комплексов (ТЭТК) двухосных электровозов на основе IGBT-преобразователей электрической энергии [2]. Созданы и прошли этап предварительных испытаний экспериментальные образцы ТЭТК постоянного тока.

Вместе с тем, наряду с безусловными достоинствами новых образцов испытания высветили ряд проблем, без решения которых освоения серийного выпуска ожидать не приходится. К ним следует отнести вопросы превентивного предупреждения возможностей возникновения аварийных ситуаций, которым, как известно, предшествуют процессы, которые можно было характеризовать как псевдоаварийные [4].

Цель исследований. Создание математической модели, позволяющей определять возможность и последствия возникновения псевдоаварийных ситуаций в ТЭТК двухосных электровозов с импульсными системами питания тяговых двигателей.

Материал исследований. Преобразователи электроэнергии электровозов построены на базе тиристор или транзисторов. Аномальные состояния в тяговых электроприводах вызываются различными факторами: короткое замыкание электрической цепи; разрыв электрической цепи; исчезновение или снижение уровня напряжения в контактной сети ниже допустимого; отклонение параметров элементов электропривода от допустимых; импульсные перенапряжения на токоприемнике электровоза; отказ элементов и блоков электропривода; нарушение алгоритма работы и др. Причем факторы, провоцирующие

аварийные режимы ТЭТК, взаимосвязаны и взаимозависимы друг от друга, а их проявления многообразны и не ограничиваются приведенным перечнем. При этом следует учесть, что вышеизложенные факторы особенно характерны и наиболее часто проявляются в ТЭТК рудничных электровозов [2].

Как установлено в [5], наиболее характерными неисправностями элементов, которые не приводят к немедленной потере работоспособности подвижного состава, но резко повышают вероятность отказов, это обрывы защитных РС-цепей, нарушение обратной связи по напряжению в режиме электродинамического торможения из-за перегорания резисторов, пробой диодов с последующим нарушением теплового режима дросселя. Данный вид неисправностей может быть выявлен только в процессе диагностирования, поскольку они не имеют внешнего проявления. А в случае несвоевременного их выявления и ликвидации может произойти отказ дорогих элементов, что в конечном итоге приведет к значительным капитальным затратам.

При обрыве РС-цепи на соответствующем полупроводниковом приборе силового блока в момент коммутации увеличиваются кратковременные (до 15 мкс) пики напряжения, которые превышают номинальное значение напряжения в несколько раз. Это приводит к внезапному выходу из строя тиристора или диода и к отказам в работе тягового подвижного состава.

Одной из серьезных неисправностей, которые не проявляются, является уменьшения емкости батарей сглаживающего фильтра из-за нарушения герметичности, пробой, а затем перегорание части параллельно соединенных конденсаторов или обрыва их внешних соединений. В результате значительно возрастает уровень пульсации напряжения, что приводит к повышению рабочих напряжений на силовых полупроводниковых приборах, а также интенсифицирует износ тяговых двигателей.

Частным случаем возникновения аварийной ситуации в тиристорно-импульсном преобразователе (ТИП) является возникновение ложного импульса при работе системы управления ТЭТК. Снижение величины питающего напряжения или увеличение нагрузки выше допустимого уровня могут привести к перегрузке преобразователя, в результате чего контур коммутации будет не в состоянии скоммутировать ток нагрузки.

Для практической реализации комплекса защит ТЭТК необходимо правильно выбрать метод исследования, который позволит создать модель защиты комплекса; на ее основе должен быть разработан соответствующий алгоритм функционирования системы комплексной защиты. Анализ существующих методов, позволил авторам остановиться на теории сетей Петри (СП) [3].

Для построения модели системы в виде СП необходимо абстрагирование от конкретных физических и функциональных особенностей ее составляющих. Компоненты системы и их действия представляются абстрактными событиями [3]. Это позволяет использовать СП для анализа аномальных режимов функционирования ТЭТК промышленных электровозов, логически подойти к дифференцированию построения ситуационных моделей вышеотмеченных ситуаций с последующим этапом постройки алгоритмов адаптации системы управления и разработки устройств и способов защит.

Рассмотрим условия возникновения внештатных ситуаций в ТЭТК рудничных электровозов с ТИП [4].

Во время коммутации тока нагрузки может возникнуть неблагоприятная ситуация в результате достижения током нагрузки величины, предельной по коммутационной способности для ТИП, что приведет к срыву процесса коммутации (рис.1). С целью их предупреждения была разработана модель объекта с защитой от срыва коммутации (рис.2).

Из анализа данной схемы можно сделать вывод о том, что при повышении тока нагрузки до уровня, допустимого по коммутационной способности для ТИП, необходимо сформировать корректирующий сигнал и запретить прохождение импульсов управления на время снижения тока до уровня, при котором возможна коммутация.

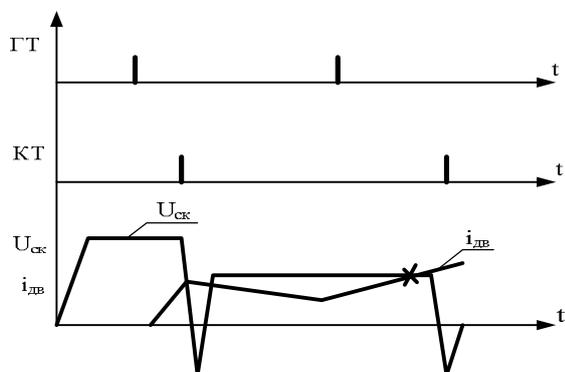


Рис.1. Временные диаграммы тягового электротехнического комплекса с защитой от срыва коммутации

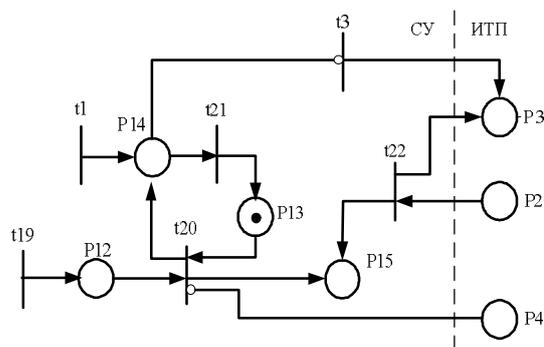


Рис.2. Модель тягового электротехнического комплекса с защитой от срыва коммутации

К подобного рода ситуации может привести также ложный импульс в управляющей цепи главного или коммутирующего тиристора или в обеих цепях одновременно в период отключенного состояния регулятора (рис.3,а). Модель защиты от срыва коммутации для этого случая приведена на рис.3,б.

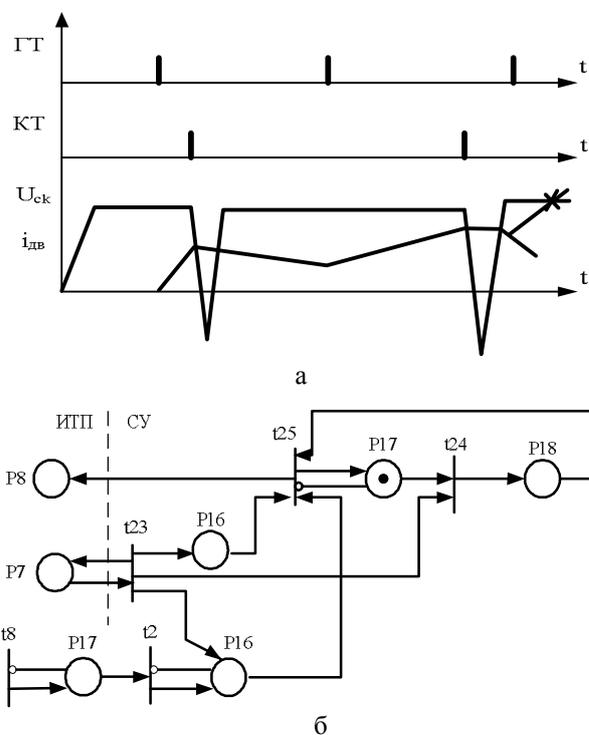


Рис.3. Временные диаграммы (а) и модель тягового комплекса с защитой от срыва коммутации при ложном импульсе (б)

В этом случае с помощью таймера, который контролирует время коммутации коммутирующего контура, и ключа блокируется цепь главного тиристора.

Выводы. Анализ условий и мест возникновения нештатных ситуаций, провоцирующих возникновение аномальных процессов при функционировании тяговых электроприводов рудничных контактных электровозов с импульсными преобразователями, позволил разработать и рекомендовать для применения классификацию их аномальных ситуаций в функции ситуационных влияющих факторов.

Разработана функциональная схема системы за-

щиты от аномальных ситуаций в электроприводе, на базе которой можно провести структурный анализ системы защиты и электропривода в целом.

Список использованной литературы

1. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, Н.Н. Юрченко, А.А. Чернышов, О.А. Удовенко, О.В. Пасько, Э.С. Гузов. Науч. издание. – К.: ИЕД НАН Украины, 2006. – 252 с.

2. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / А.А. Азарян, Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко, Ф.І. Карманиць. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.

3. Котов В.Е. Сети Петри / В.Е. Котов – М.: «Наука», 1984. – 158 с.

4. Синчук И.О. Исследование аварийных и псевдоаварийных ситуаций в тяговых электроприводах переменного тока с помощью базовых сетей Петри / И.О.Синчук. // Технич. эл.динамика. – 2008. – Ч. 4. – С. 76–78.

5. Шматков В.А. Стратегия управления техническим состоянием подвижного состава с тиристорно-импульсными системами управления / В.А. Шматков, В.И. Мальцев // Харьковская государственная академия городского хозяйства. – 2001. Вип. 30 – С. 236-241.

Получено 07.06.2011



Синчук Олег Николаевич,
д-р техн. наук, зав. каф. «Систем электропотребления и энергетического менеджмента»
Кременчугского нац.ун-та им.
М.Остроградского,
тел. (05366) 3-00-50
E-mail seem@kdu.edu.ua



Черная Виктория Олеговна,
ассистент той же кафедры
Кременчугского нац.ун-та им.
М. Остроградского,
тел. (05366) 3-00-50
E-mail seem@kdu.edu.ua
viktoriakleopatra1@meta.ua



Михайличенко
Дмитрий Анатолиевич,
ст. преп. той же кафедры Кре-
менчугского нац.ун-та им. М.
Остроградского,
тел. (05366) 3-00-50
E-mail seem@kdu.edu.ua



Сушко Дмитрий Леонидович,
к.т.н., доц. каф. «Системы элек-
трической тяги»
Украинской госуд. акад. желе-
знодорож. транспорта,
61050, г. Харьков,
площадь Феербаха, 7
Тел. (057) 730-19-39.