

УДК 621.316.9

БАЗОВЫЕ СЕТИ ПЕТРИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПСЕВДОАВАРИЙНЫХ И АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

О.Н. Синчук, И.О. Синчук, В.О. Черная

Кременчугский национальный университет
имени Михаила Остроградского, Украина

Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy
National University, Ukraine

Рассмотрены вопросы моделирования аномальных ситуаций в тяговых электромеханических комплексах переменного тока с IGBT-преобразователями напряжения питания тяговых асинхронных двигателей. Приведены структуры систем защит в виде базовых сетей Петри.

Ключевые слова: тяговый электромеханический комплекс, аномальные режимы, импульсный преобразователь.

The questions of abnormal situations modeling are considered in alternating-current traction electromechanic complexes with IGBT feed voltage transformers of traction asynchronous engines. The structures of the protection systems are given as Petri backbones.

Key words: traction electromechanic complex, abnormal modes, switching converter.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ функционирования тяговых электромеханических комплексов (ТЭМК) во многом определяется способностью системы упреждать возникновение аварийных ситуаций на рубеже возникновения предшествующих им псевдоаварийных режимов [1].

Такие аномальные состояния в тяговых электроприводах вызываются различными факторами, в основном это: короткое замыкание (КЗ) электрической цепи; разрыв электрической цепи; исчезновение или снижение уровня напряжения в контактной сети ниже допустимого; отклонение параметров слагаемых элементов электропривода от допустимых; импульсные перенапряжения на токоприемнике электровоза; отказ элементов и блоков электропривода; нарушение алгоритма работы и др.

Причем, факторы, провоцирующие как псевдо-, так и аварийные режимы ТЭМК, 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 ТЭМК промышленных и особенно в рудничных их видах [1].

В качестве первого шага на пути реализации стратегии построения структуры комплексной системы защиты ТЭП промышленного (руд-

ничного) контактного электровоза от внештатных ситуаций, проведен анализ функционирования системы данного вида привода с точки зрения возможности возникновения аномальных ситуаций и возможных направлений построения способов защиты от них (рис. 1).

Для практической реализации комплекса защит ТЭМК необходимо правильно выбрать метод исследования, который в конечном итоге позволит создать модель защиты комплекса, на основе которой должен быть разработан соответствующий алгоритм функционирования системы комплексной защиты. Анализ существующих методов позволил авторам остановиться на теории сетей Петри (СП) [2].

Для построения модели системы в виде СП необходимо абстрагирование от конкретных физических и функциональных особенностей её составляющих. Компоненты системы и их действия представляются абстрактными событиями [2].

Это позволяет использовать сети Петри для анализа аномальных режимов функционирования ТЭМК промышленных электровозов, логически подойти к дифференцированию построения ситуационных моделей вышеотмеченных ситуаций с последующим этапом построения алгоритмов адаптации системы управления и разработки устройств и способов защит [3].

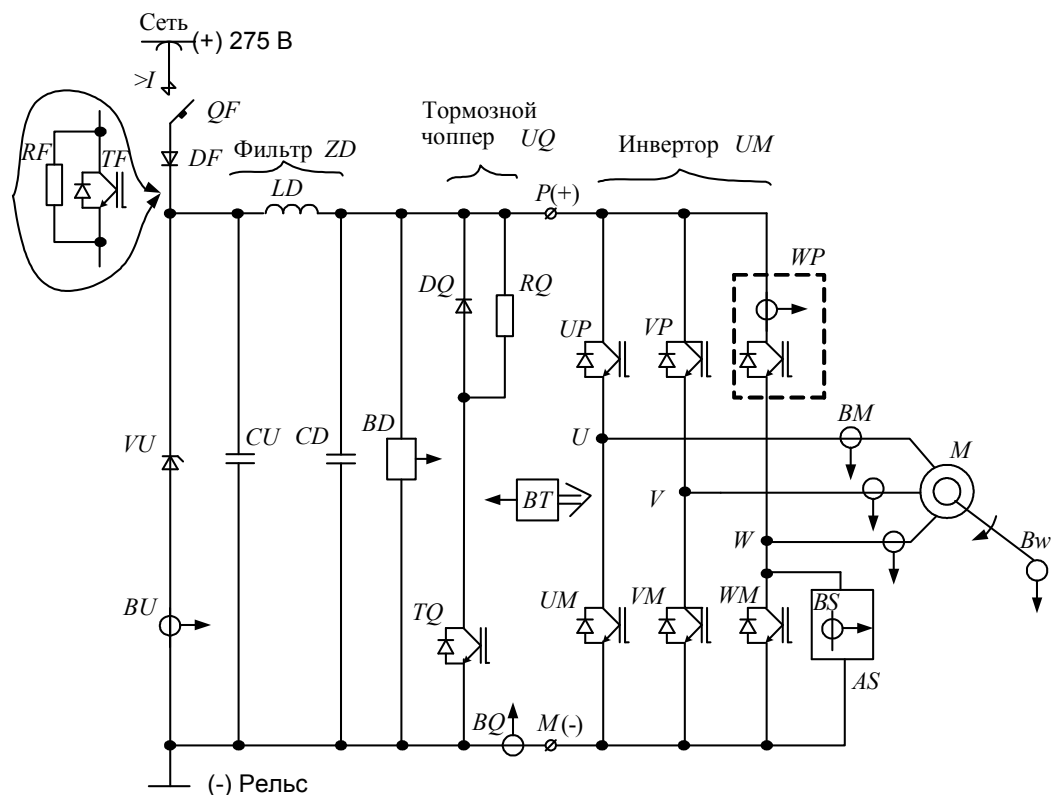


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема тягового электропривода переменного тока рудничного контактного электровоза, адаптированная для исследований аварийных процессов

Модель канала защиты от сверхтоков в тяговой цепи электропривода. Природа появления сверхтоков в цепях ТЭМК весьма многообразна – от коммутационных перенапряжений до потери управляемости. Анализ влияющих факторов позволил создать базовую сеть Петри для данного случая (рис. 2). Рассмотрим функционирование модели.

При токе в цепи I более заданного I_{\max} позиция $P1$ приобретает фишку $n = 1$, далее сеть срабатывает до упора и останавливается. Преодолеть барьер $T3$ можно только путем вмешательства оператора извне снятием запрета. Аналогично рис. 1 выглядит сеть Петри для аварийных состояний по другим параметрам. Сети Петри каналов сигналов внутренних датчиков *IGB* транзисторных модулей и их снабберов выглядят еще короче.

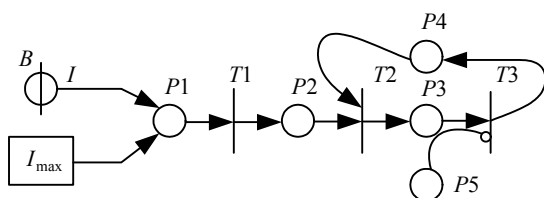


Рис. 2. Базовая сеть Петри канала защиты тягового электропривода от сверхтоков

Модель каналов защиты от сверхнапряжения и выявления недопустимой длительности действия ограничителя напряжения BU представлена на рис. 3.

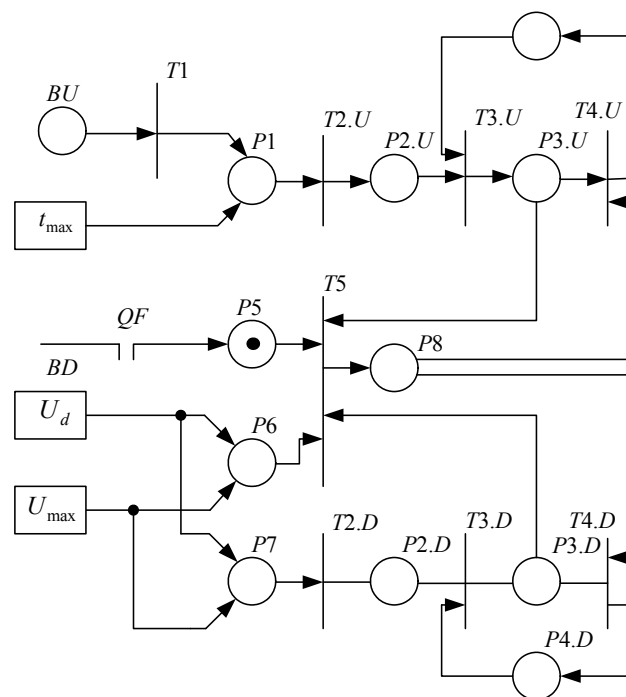
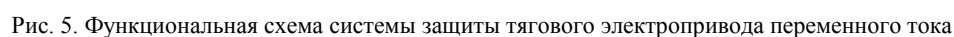
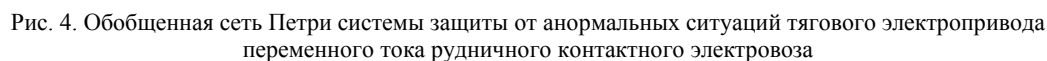


Рис. 3. Базовая сеть Петри каналов сверхнапряжения и сверхдлительности действия ограничителя



Обобщённая сеть Петри защитного комплекса системы управления ТЭМК промышленного электровоза (рис. 4), построенная путем сочетания базовых моделей сетей Петри, не выявила функционально избыточных операций и нестыковок позиций, что позволяет принять её за основу дальнейших исследований системы защиты тягового электропривода переменного тока.

На рис. 5 представлена обоснованная и сконструированная на основе анализа базовой сети Петри функциональная схема системы защиты тягового электропривода переменного тока промышленного (рудничного) электровоза, реализующая необходимый комплекс защитных мер.

Обобщая необходимые направления действия системы защиты ТЭМК промышленных электровозов при возникновении внештатных ситуаций, формализуем их следующим образом:

1. При автономном срабатывании автомата QF (по состоянию его блок-контактов), при сигналах датчиков тока BQ и BM , превышающих предельно допустимые значения $I_Q > \max$, $I_M > \max$, при наличии сигналов от внутренних датчиков тока $IGBT$ – модулей $I_I > 0$, при срабатывании датчиков тока BS снабберов $I_S > 0$, при сигнале датчика температуры BT более максимально возможного $T > \max$, при недопустимом разбросе сигналов датчиков тока BM $\Delta I_M > \max$ и, наконец, при неудачном автоматическом повторном включении АПВ электропривода в работу блок аварии AF в системе защиты выдает операционный сигнал I_F на отключение инвертора UM и автомата QF , на включение тормозного чоппера UQ для разряда фильтра, запрещает автоматическое повторное включение электропривода в работу, выдает световой аварийный сигнал HF .

2. При сигнале датчика напряжения BD , превышающем предельно допустимый максимальный уровень $U_d > \max$, при недопустимой длительности сигнала датчика тока BU $t_u > \max$ система защиты выдает операционный сигнал I_B на отключение автомата QF и включение тормозного чоппера UQ ; затем при сигнале датчика напряжения BD менее допустимого максимального уровня отключает чоппер UQ и по истечении контрольного времени t_k разрешает автоматическое повторное включение автомата QF и работу электропривода, сигнал I_E , и сигнализирует об этом, сигнал HB .

3. При сигнале датчика напряжения BD менее допустимого минимального уровня вплоть

до нуля $U_d < \min$, при разности мгновенных значений наибольшего и наименьшего сигналов датчика напряжения BD , превышающей заданное значение $\Delta U_d > \max$, при разбросе сигналов датчиков тока BM между собой более заданного уровня, но в пределах дозволенного $\Delta \lim < \Delta I_M < \Delta \max$ непродолжительно $t < t_B$, при превышении сигнала датчика температуры BT выше заданного, но кратковременно допустимого уровня $\lim < T < \max$, при достижении предельного значения количества сигналов датчика тока BU $N > \lim$, система защиты выдает предупредительный сигнал HN .

Блоки или узлы предупредительной сигнализации, кратковременного сброса заданного оператором (машинистом электровоза) и системой управления и регулирования AR режима работы ТЭМК, аварийного состояния комплекса по сути выполняют логическую функцию «ИЛИ», то есть повторяют на выходе любой входной сигнал.

Система управления и автоматического регулирования AR тягового комплекса помимо штатных (нормальных) режимов может находиться или в псевдоаварийном, или в аварийном режиме работы.

В аварийном режиме система AR отключает тяговой электропривод и не разрешает его повторного включения до устранения одиозных факторов и до вмешательства машиниста электровоза.

В псевдоаварийном режиме система AR кратковременно отключает тяговый электромеханический комплекс, то есть на заданное время t_k сбрасывает запрограммированный режим электропривода, а затем вновь автоматически повторно включает его в функционирование после устранения факторов, возбуждающих данный режим работы.

ВЫВОДЫ

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

2. Разработана функциональная схема системы защиты от аномальных ситуаций в электроприводе, на базе которой позволено провести структурный анализ системы защиты и электропривода в целом.

Анализ системы защиты тягового электропривода переменного тока по методу сетей Петри позволил разработать модели сетей Петри отдельных каналов системы защиты, а также синтезировать обобщенную сеть Петри системы защиты тягового электропривода и программу ее реализации при микропроцессорном управлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синчук О.Н. 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. Киев: ИЕД НАН Украины, 2006. 252 с.
2. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 158 с.
3. Синчук И.О. Исследование аварийных и псевдоаварийных ситуаций в тяговых электроприводах переменного тока с помощью базовых сетей Петри // Техническая электродинамика. Киев: ИЕД НАН Украины, 2008. Тематический вып. Ч. 4. С. 76 – 78.

Поступила в редакцию после доработки

15 декабря 2010 г.

Синчук Олег Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электропотребление и энергетический менеджмент» Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. Тел. (05366) 3-00-50. E-mail: seem@kdu.edu.poltava.ua

Синчук Игорь Олегович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропотребление и энергетический менеджмент» Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. Тел. (05366) 3-00-50.

Черная Виктория Олеговна – ассистент кафедры «Электропотребление и энергетический менеджмент» Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. E-mail: viktorialeopatra1@meta.ua