

Система защиты рудничного электровоза переменного тока от аварийных режимов

СИНЧУК О.Н., СИНЧУК И.О., ЧЁРНАЯ В.О.

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 design of abnormal situations are considered in the hauling electromechanics complexes of alternating current with IGBT by the transformers of tension of feed of hauling asynchronous engines. The structures of the systems of protection are resulted as networks of Petri.

Key words: hauling electromechanics complex, anomalous modes, pulsed 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: 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 токоприёмнике электровоза; отказ элементов и блоков электропривода; нарушение алгоритма работы и др.

Факторы, провоцирующие как псевдо-, так и аварийные режимы ТЭМК, взаимосвязаны и взаимозависимы друг от друга, а их проявления многообразны и не ограничиваются приведённым перечнем. При этом следует учесть, что эти 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 строения структуры комплексной системы защиты ТЭП промышленного (рудничного) контактного электровоза от внешних ситуаций проведён 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 СП для анализа аномальных режимов функционирования ТЭМК промышленных электровозов, логически подойти к дифференцированию построения ситуационных моделей отмеченных ситуаций с последующим этапом постройки алгоритмов адаптации системы управления и разработки устройств и способов защит [3].

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 СП 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 путём вмешательства оператора извне снятием запрета. Аналогично рис. 2 выглядит СП для ава-

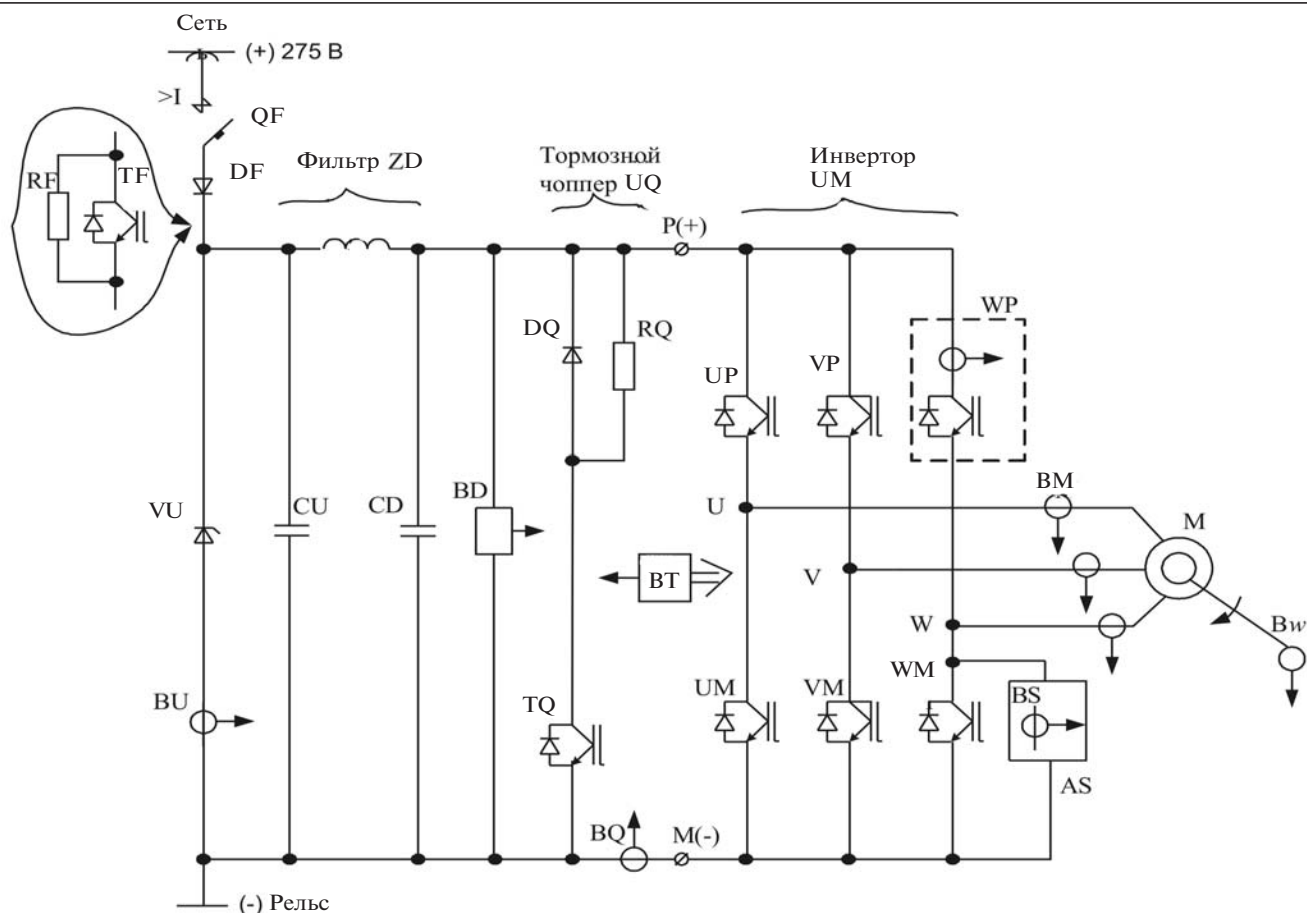


Рис. 1. Упрощённая принципиальная схема тягового электропривода переменного тока рудничного контактного электровоза, адаптированная для исследований аварийных процессов

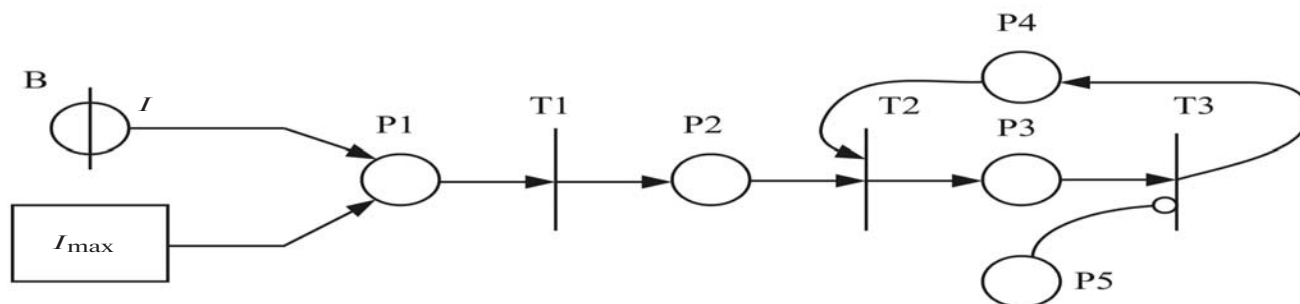


Рис. 2. Базовая сеть Петри канала защиты тягового электропривода от сверхтоков

рийных состояний по другим параметрам. СП каналов сигналов внутренних датчиков IGB транзисторных модулей и их снабберов выглядят еще короче.

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

Обобщённая СП защитного комплекса системы управления ТЭМК промышленного электровоза (рис. 4), построенная путём сочетания базовых моделей СП, не выявила функционально избыточных операций и нестыко-

вок 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 СП функциональная схема системы защиты тягового электропривода переменного тока промышленного (рудничного) электровоза, реализующая необходимый комплекс защитных мер.

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

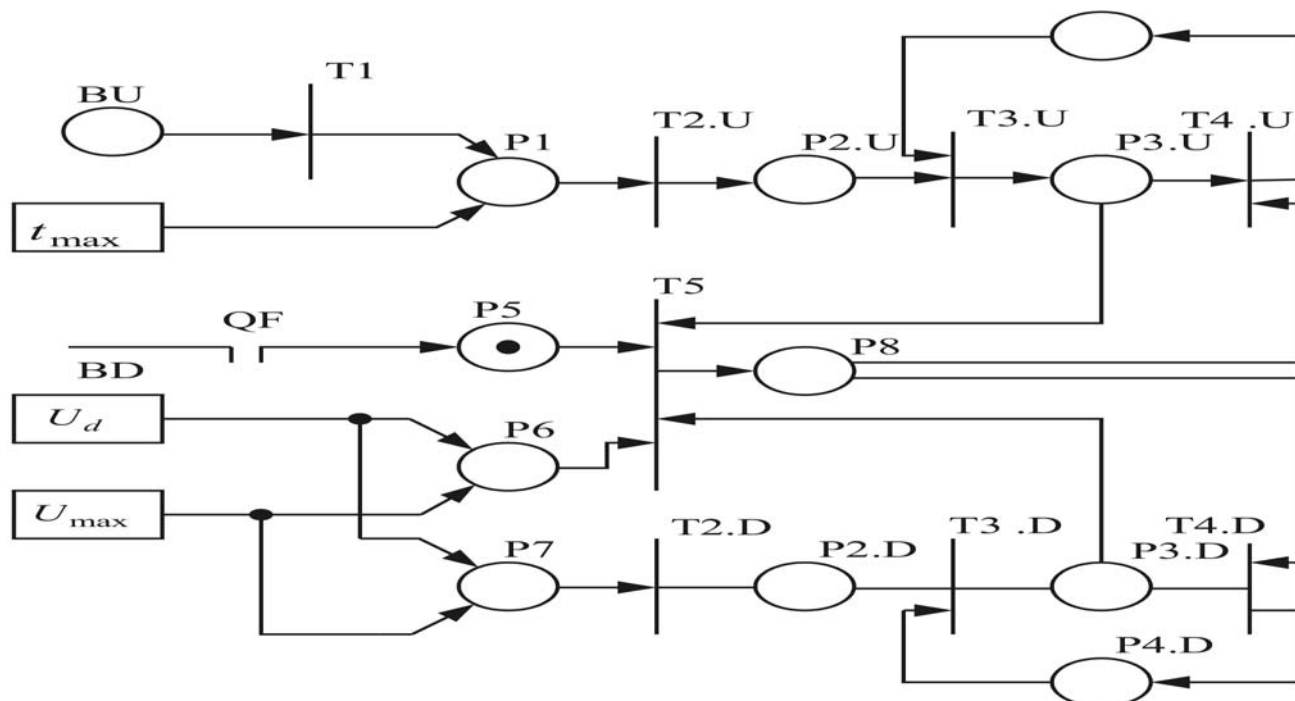


Рис. 3. Базовая сеть Петри каналов сверхнапряжения и сверхдлительности действия ограничителя

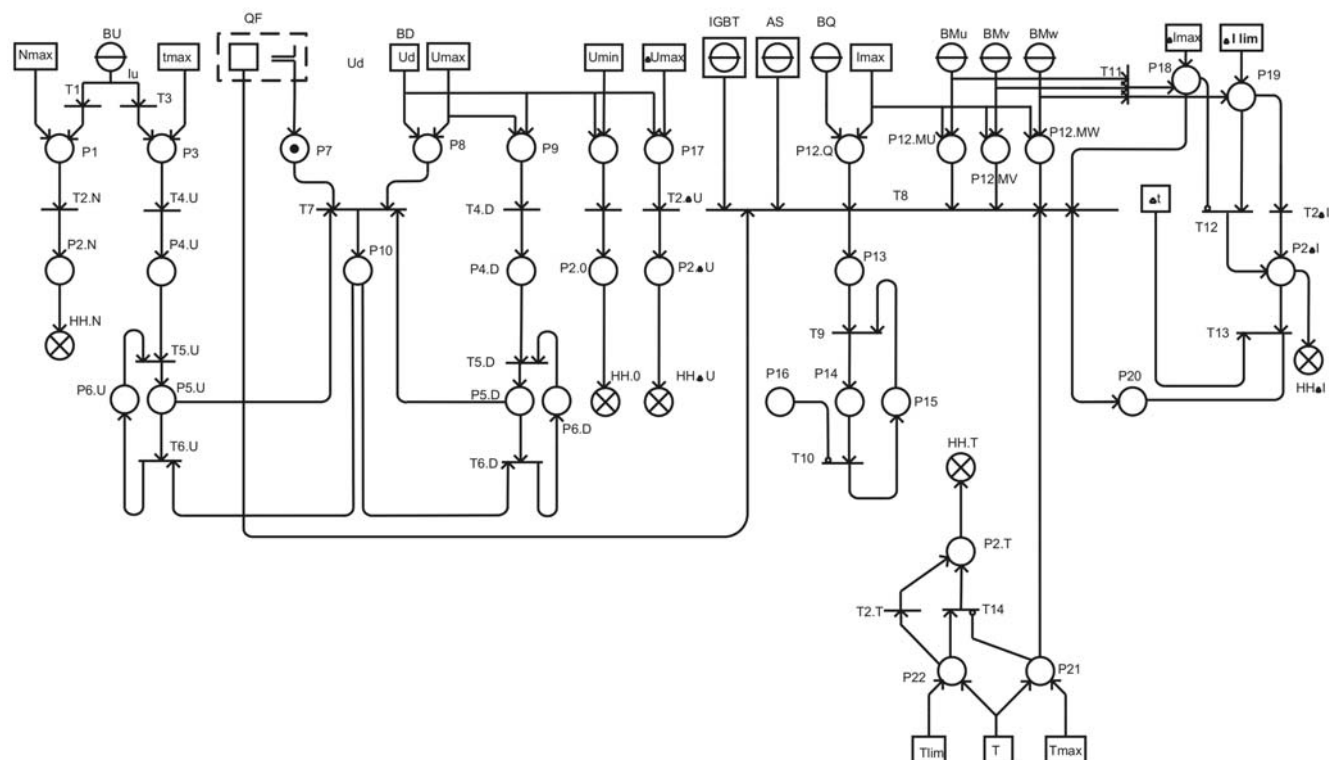


Рис. 4. Обобщённая сеть Петри системы защиты от аномальных ситуаций тягового электропривода переменного тока рудничного контактного электровоза

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 IGB транзисторных модулей

$I_1 > 0$, при срабатывании датчиков тока BS
 снабберов $I_S > 0$, при сигнале датчика темпера-
 туры ВТ более максимально возможного
 $T > \max$, при недопустимом разбросе сигналов
 датчиков тока ВМ $\Delta I_m > \max$ и, наконец, при
 неудачном автоматическом повторном включе-

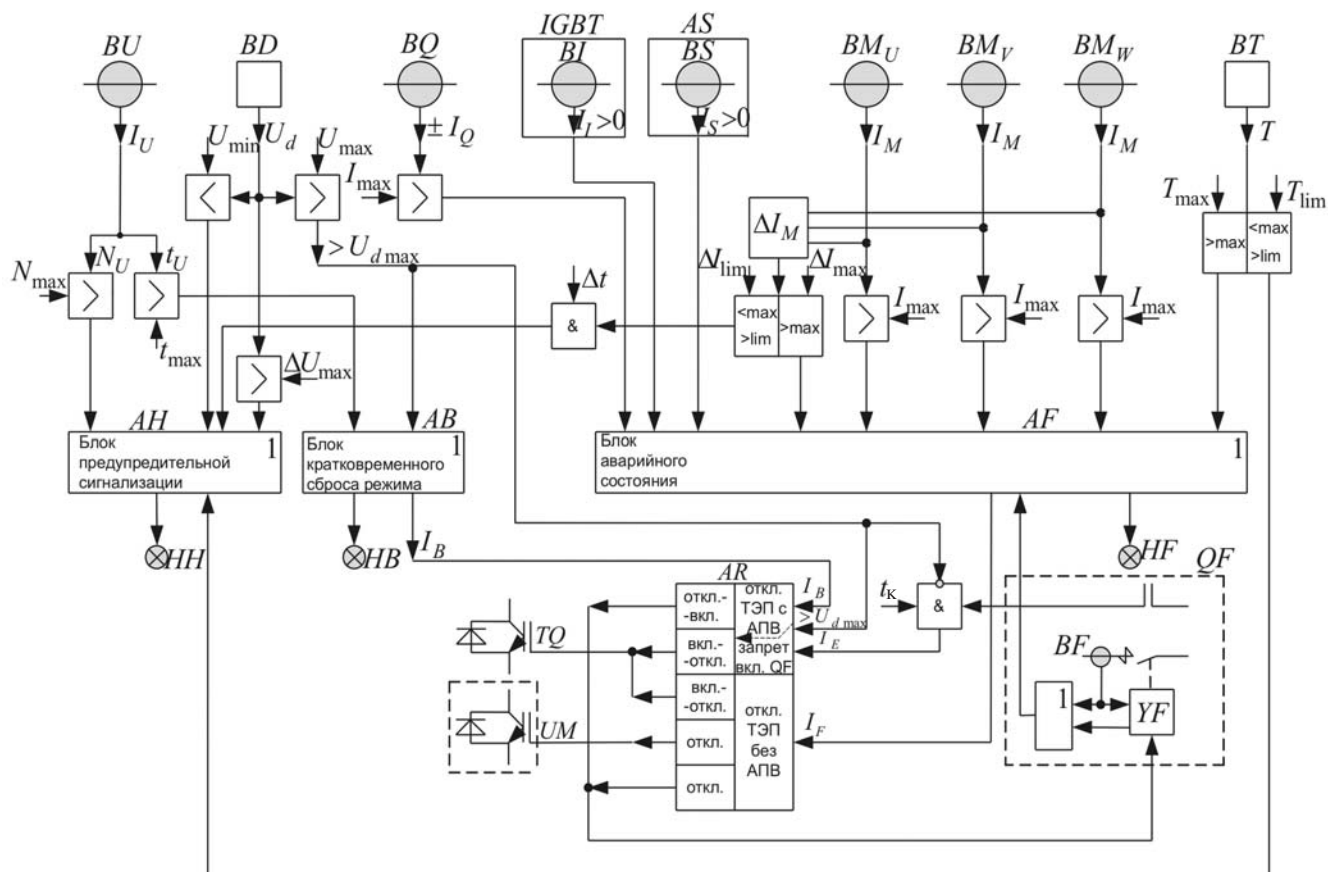


Рис. 5. Функциональная схема системы защиты тягового электропривода переменного тока

нии АПВ электропривода в работу блок аварии АФ в системе защиты выдаёт операционный сигнал I_K на отключение инвертора УМ и автомата QF и на включение тормозного чоппера UQ для разряда фильтра, запрещает автоматическое повторное включение электропривода в работу, выдаёт 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 $t_{и} > \max$ система защиты выдаёт 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 сигнала

датчика напряжения BD, превышающей заданное значение $\Delta U_d > \max$, при разбросе сигналов датчиков тока BM между собой более заданного уровня, но в пределах допустимого $\Delta \lim < \Delta i_m < \Delta \max$ 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 выдаёт предупредительный сигнал HH.

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», т.е. повторяют на выходе любой входной сигнал.

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

В аварийном режиме система AR отключает тяговый электропривод и не разрешает его по-

вторное включение до устранения одиозных факторов и вмешательства машиниста электровоза.

В псевдоаварийном режиме система AR кратковременно отключает ТЭМК, т.е. на заданное время t_k сбрасывает программированный 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 позволительно провести структурный анализ системы защиты и электропривода в целом.

3. 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 её реализации при микропроцессорном управлении.

Список литературы

1. Синчук О.Н., Синчук И.О., Юрченко Н.Н. и др. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов. Киев: ИЕД НАН Украины, 2006.
2. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984.
3. Синчук И.О. Исследование аварийных и псевдоаварийных ситуаций в тяговых электроприводах переменного тока с помощью базовых сетей Петри // Техническая электродинамика. Ч. 4. Киев: ИЕД НАН Украины. 2008. С. 76–78.

Синчук Олег Николаевич — заведующий кафедрой электропотребления и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. М. Остроградского, доктор техн. наук, профессор. Окончил электротехнический факультет Криворожского горнорудного института в 1971 г. Защитил докторскую диссертацию по теме «Развитие теории и совершенствование систем управления рудничными электровозами» в 1989 г.

Синчук Игорь Олегович — доцент кафедры электропотребления и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. М. Остроградского, канд. техн. наук. Окончил электротехнический факультет Криворожского горнорудного института в 1992 г. Защитил диссертацию по теме «Тяговый частотно-регулируемый асинхронный электропривод рудничных контактных электровозов» в 2009 г.

Чёрная Виктория Олеговна — ассистент кафедры электропотребления и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. М. Остроградского. Окончила электромеханический факультет Кременчугского государственного университета им. М. Остроградского в 2002 г.

Поправка

В статье Бан Д., Жарко Д., Мирчевски С. «Современное состояние и тенденции повышения КПД электрических машин», опубликованной в журнале «Электротехника», 2012, №1, с. 17, табл. 2 следует читать:

Таблица 2

a	n				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
1,00	0,89159	0,89159	0,89159	0,89159	0,89159
1,05	0,89681	0,89644	0,89594	0,89529	0,89452
1,10	0,89956	0,89971	0,89937	0,89853	0,89719
1,15	0,90039	0,90174	0,90206	0,90137	0,89965
1,20	0,89969	0,90278	0,90417	0,90388	0,90192
1,25	0,89775	0,90303	0,90578	0,90611	0,90401
1,30	0,89477	0,90262	0,90700	0,90809	0,90595
1,35	0,89092	0,90169	0,90788	0,90986	0,90776
1,40	0,88630	0,90031	0,90849	0,91146	0,90944

1,45	0,88101	0,89856	0,90887	0,91289	0,91101
1,50	0,87512	0,89649	0,90906	0,91419	0,91248
1,55	0,86868	0,89414	0,90908	0,91537	0,91387
1,60	0,86173	0,89156	0,90897	0,91644	0,91517
1,65	0,85432	0,88876	0,90874	0,91742	0,91639
1,70	0,84647	0,88578	0,90840	0,91831	0,91754
1,75	0,83821	0,88263	0,90798	0,91914	0,91864
1,80	0,82957	0,87934	0,90748	0,91989	0,91967
1,85	0,82057	0,87590	0,90692	0,92059	0,92065
1,90	0,81123	0,87234	0,90631	0,92123	0,92158
1,95	0,80158	0,86867	0,90564	0,92182	0,92246
2,00	0,79164	0,86489	0,90493	0,92237	0,92330