

АЛГОРИТМ ДВУХЗОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА

Приведено схематехническое решение импульсного преобразователя, построенного по критерию минимизации электроэнергетических потерь в элементах как самого преобразователя, так и в комплекте тягового электропривода.

Изложена стратегия и тактика построения алгоритма двухзонного управления комбинированным импульсным преобразователем напряжения тягового двигателя электровоза с питанием от автономного источника (аккумуляторной батареи).

О.Н. Синчук

Доктор технических наук, профессор. Директор инженерного центра ОАО «Электромашина», ул. Муранова 106, г. Харьков, Украина

Контактный тел.: +38(057)772-88-09

О.А. Удовенко

Магистр, преподаватель 1-й категории Украинского политехнического техникума, Военный городок 33, г.Кривой Рог, Украина

А.А. Чернышов

Инженер СКБ ОАО «Электромашина», ул. Муранова 106, г. Харьков, Украина

Контактный тел.: +38(057)772-88-09

Введение

Импульсные преобразователи напряжения в тяговом электроприводе по сравнению с резисторными позволяют экономить до 40-50 % электроэнергии.

В последние десятилетия разработано немало новых энергоэкономичных схематехнических решений. Вместе с тем, можно констатировать, что множество решений в данном случае – это совсем не их качество [1]. Поэтому авторами на основании анализа критериев оптимизации была разработана энергоэкономичная схема комбинированного импульсного преобразователя (ИП).

Решение поставленной научной задачи исследований.

Принципиальная схема ИП упрощенно представлена на рис. 1, диаграммы напряжений на двигателях представлены на рис. 2, где:

GB – аккумуляторная батарея;
 KM – ходовой контактор;
 KQ – тормозные контакторы;
 M – тяговые двигатели;
 R – тормозные резисторы;
 VD – нулевые диоды;
 VS – однооперационный SCRJ – тиристор;

VT – IGB- транзисторы;
 AE – устройство предварительного возбуждения двигателей в тормозном режиме;

t_D , t_S , t_T – длительности проводящего состояния соответственно диодов, тиристора и транзисторов;

T – период ШИМ напряжения.

Система управления (СУ) комбинированным ИП адаптирована с контроллером КТВ производства ОАО «Электромашина» и обеспечивает все предусмотренные им режимы.

Алгоритм управления ИП представлен на рис. 3.

Входные сигналы.

X = «Ход», двоичный: 0 – запрет движения;
 1 – разрешение движения;

C = «Стоп», двоичный: 0 – запрет торможения;
 1 – разрешение торможения;

имеет приоритет над сигналом $x=1$;

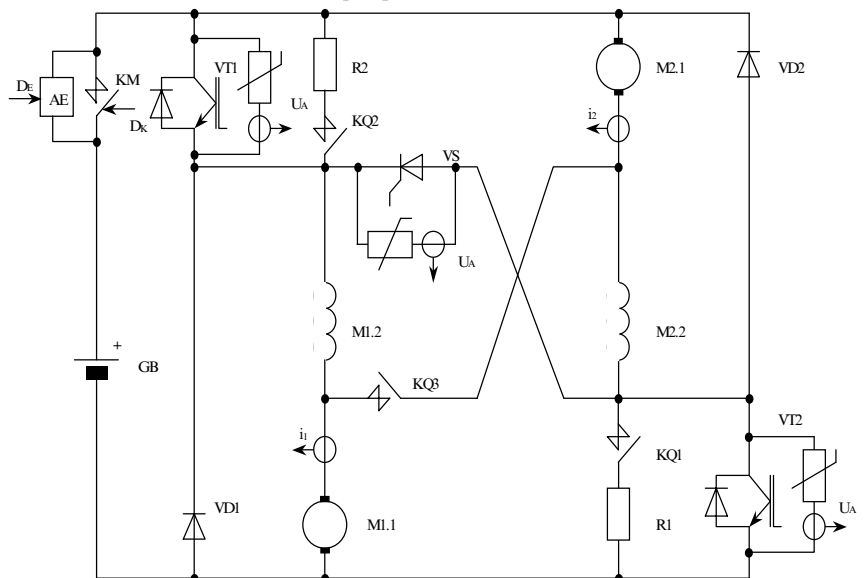


Рисунок 1. Упрощенная принципиальная схема комбинированного импульсного преобразователя рудничного аккумуляторного электровоза.

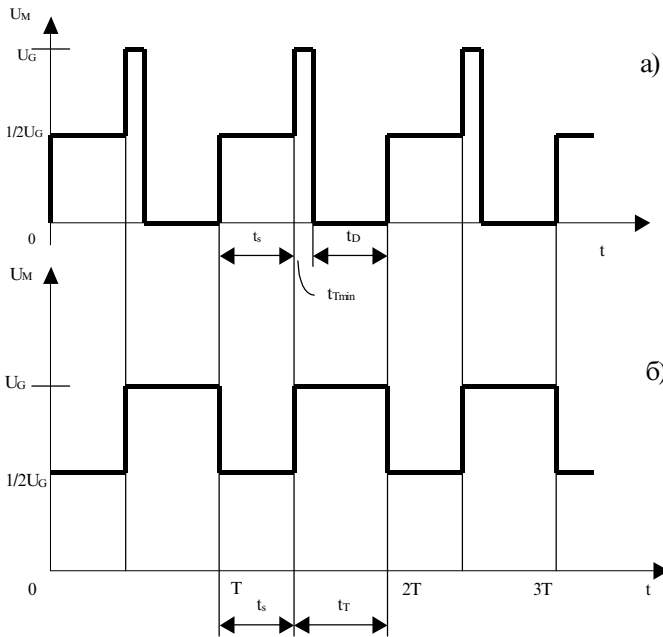


Рисунок 2. Диаграммы напряжений на двигателях при двухзонном регулировании
 а) в первой зоне от ~ 0 до $1/2 U_G$;
 б) во второй зоне от $\sim 1/2 U_G$ до U_G .

U_d = «движение», аналоговый: $0, U_{Tmin} \dots U_{Tmax}$, пропорционален углу поворота рукоятки управления машиниста (РУ);

U_T = «торможение», аналоговый: $0, U_{Tmin} \dots U_{Tmax}$, пропорционален углу поворота РУ;

i_1, i_2 = аналоговые разнополярные сигналы от датчиков тока тяговых двигателей: в тяговом режиме сигналы датчиков имеют положительную полярность и обозначены i_d , в тормозном режиме сигналы датчиков имеют отрицательную полярность и обозначены i_T ;

U_A = «сверхнапряжение», двоичный: 0 – норма;
 1 – авария;

Внутренние уставки СУ.

$\min I_T$ – минимальный ток двигателя в тормозном режиме;

$\max I_T$ – максимальный ток двигателя в тормозном режиме;

$\max I_d$ – максимальный ток двигателя в тяговом режиме;

I_A – аварийный ток двигателя;

I_F – ток срабатывания внутренней токовой защиты IGB-транзистора.

Выходные сигналы СУ.

D_S – двоичный: 0 – отключение драйвера тиристора VS;

1 – включение драйвера тиристора VS, длительность включения $t_s = 0 \dots T$;

D_T – двоичный: 0 – отключение драйверов IGB-транзисторов VT1,2; при наличии в драйверах напряжения питания и сигнала $D_T = 0$ они выдают на переход эмиттер-затвор напряжение, удерживающее IGB-транзистор в отключенном состоянии;

1 – включение драйверов IGB-транзисторов VT1,2, длительность включения $t_T = t_{Tmin} \dots T$; t_{Tmin} определяется паспортным временем включения тиристора VS;

А также выходные сигналы световой информации о контроле состояния СУ, питания, режиме работы, срабатывании защит и проч.

Исходное состояние СУ.

$x = 0, c = 0, U_d = 0, U_T = 0, i_1 = 0, i_2 = 0, U_A = 0$;
 $D_S = 0, D_T = 0, D_K = 0, D_E = 0$.

Тяговый режим.

Включен КМ и отключены КQ 1,2,3.

Поступает сигнал $x = 1$, СУ выдает $D_T = 1$ длительностью $t_{Tmin} = \text{const}$. Контролируется отсутствие аварийных ситуаций.

Поступает сигнал $U_d > 0$, измеряющийся от U_{dmin} – минимального сигнала задания, превышающего порог нечувствительности, и далее нарастающий по мере поворота РУ в положение U_{dmax} . СУ выдает сигналы $D_S = 1$, длительностью

$$t_s = 2T \cdot \frac{U_d}{U_{dmax} - t_{Tmin}}$$

и сигналы $D_T = 1$ длительностью $t_{Tmin} = \text{const}$, см. рис. 2. Таким образом, при изложении сигнала задания U_d от минимума до $U_{dmax}/2$ реализуется первая зона регулирования напряжения на двигателях. Далее, по мере увеличения сигнала задания $U_d > U_{dmax}/2$, СУ выдает сигналы $D_T = 1$ длительностью

$$t_T = (2 \cdot \frac{U_d}{U_{dmax}} - 1)T + t_{Tmin}$$

и сигналы $D_S = 1$, длительностью $t_s = T - t_T$, см. рис. 2. Таким образом, при изменении задания U_d от $U_{dmax}/2$ до U_{dmax} реализуется вторая зона регулирования напряжения на двигателях.

При резком набросе сигнала задания U_d СУ обрабатывает его плавно с заданным темпом нарастания. Сброс сигнала U_d СУ обрабатывает практически мгновенно.

В СУ заложено ограничение по току двигателя, - если i_d достигает уставки $\max I_d$, то в первой зоне регулирования снимается сигнал $D_S = 1$ и устанавливаются $D_S = 0$ и $D_T = 1$, длительностью t_{Tmin} ; во второй зоне снимается $D_T = 1$ и устанавливаются $D_T = 0$ и $D_S = 1$ в течение остатка периода модуляции T .

Режим выбега.

Исходное состояние. При $i_1 = i_2 = 0$ разрешается отключение КМ: $D_K = 1$.

Тормозной режим.

Отключен КМ и включены КQ1,2,3.

Поступает сигнал $c = 1$, запрещается прохождение сигнала $x = 1$. СУ выдает сигнал $D_E = 1$ на включение устройства АЕ, подпитывающего обмотки возбуждения тяговых двигателей от аккумуляторной батареи до тех пор, пока i_T не достигнет уровня $1,1 \min I_T$, после чего $D_E = 1$ снимается и устанавливается $D_E = 0$.

Далее, в зависимости от скорости движения электроваза, возможны следующие ситуации.

Первая ситуация: скорость движения такова, что генерируется ЭДС двигателей, достаточная для поддержания тока в тормозной цепи и система втягивается в режим самовозбуждения.

Вторая ситуация: скорость невелика и подхвата возбуждения двигателей не происходит, ток i_T в тормозной цепи падает и при достижении уставки $\min I_T$ СУ выдает сигнал $D_E = 1$ до тех пор, пока ток вновь не увеличится до $1,1 \min I_T$ и т.д.

Увеличение тормозного усилия происходит при подаче сигнала задания $U_T > 0$ по мере поворота РУ в направлении U_{Tmax} ; СУ выдает сигналы $D_T = 1$ длительностью

$$t_T = \frac{T}{U_{Tmax}} \cdot U_T.$$

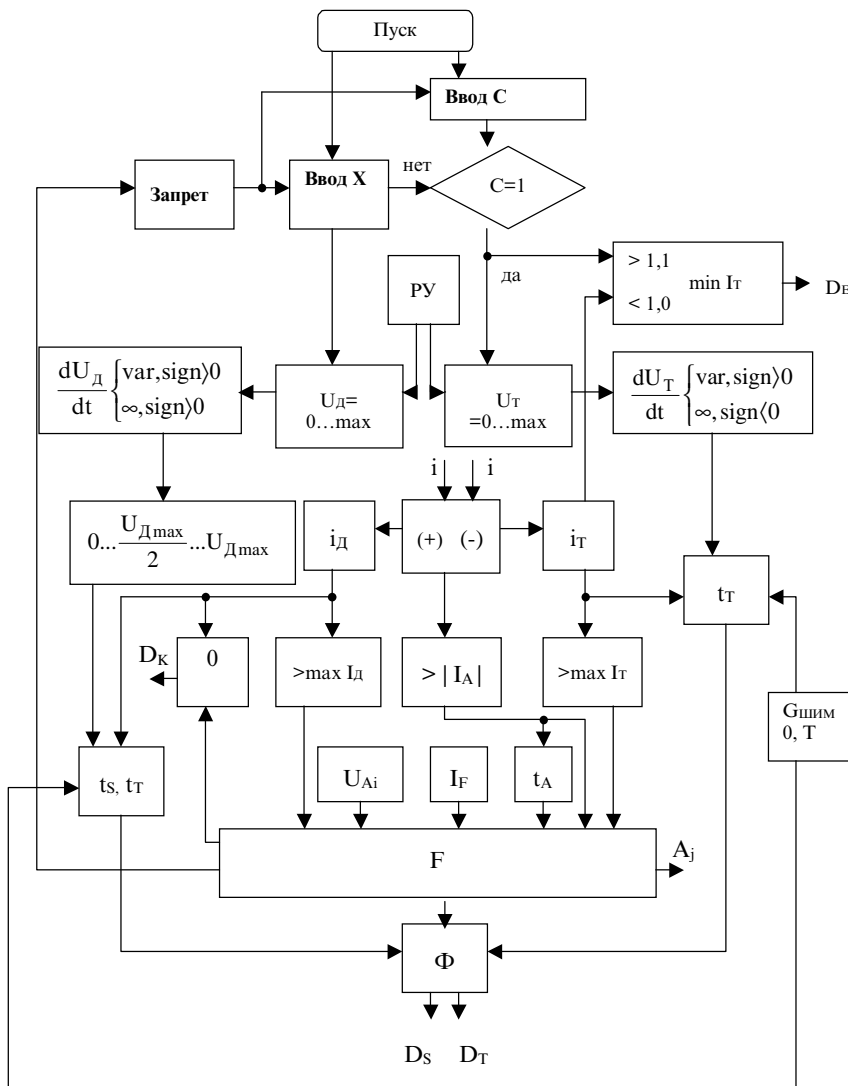


Рисунок 3. Алгоритм двухзонного управления ИП.

вении аварийной ситуации $D_S = 0$, то далее запрещается прохождение $D_S = 1$, устанавливается $D_S = 0$ длительно, снимается $D_T = 1$, устанавливается $D_T = 0$ длительно. Вовне выдается аварийный информационный сигнал $A1=1$ для возможности перехода на механический тормоз, контролируются сигналы i_1 и i_2 и, если в течение t_A токи снизились менее аварийной уставки I_A , то СУ выдает вовне сигнал $A1.0=1$, но сама СУ остается в аварийном состоянии $A1=1$ во избежание «звонной» работы ИП. Деблокировка СУ, т.е. вывод ее из аварийного состояния осуществляется снятием напряжения питания переводом РУ в нулевое положение. Если по истечении контрольного времени t_A токи i_1 и i_2 не снизились менее аварийной уставки I_A , то СУ выдает информационный сигнал $A1.1=1$ и сигнал $D_K = 1$ на отключение ходового контактора КМ.

Внутренняя токовая защита IGB-транзистора.

При срабатывании внутренней защиты IGB-транзистора от превышения предельно допустимого тока соответствующий драйвер отключает аварийный IGBT и выдает сигнал I_F в СУ. Блокируются $x=1$, $c=1$. снимается $D_T = 1$ и устанавливается $D_T = 0$, выдается аварийный информационный сигнал $A2$ и сигнал $D_K = 1$. СУ пребывает в аварийном состоянии.

Защита от сверхнапряжений.

При возникновении любого из сигналов $U_{Ai}=1$ блокируются сигналы $x=1$, $c=1$, снимаются сигналы $D_S = 1$ и $D_T = 1$, устанавливаются $D_S = 0$ и $D_T = 1$, выдается аварийный информационный сигнал $A3=1$ и сигнал $D_K = 1$. СУ пребывает в состоянии аварии.

При резком набросе сигнала задания U_T СУ, как и в тяговом режиме, обрабатывает его плавно, а сброс – практически мгновенно.

Аналогично действует и ограничение роста тока: если i_T достигнет уставки $\max I_T$, то снимается сигнал $D_T = 1$ и устанавливается $D_T = 0$ в течение остатка периода модуляции.

Защита при сверхтоке.

При токе i_1 или i_2 более аварийной уставки I_A блокируются сигналы $x=1$, $c=1$. Если действует сигнал $D_S = 1$, то он снимается и устанавливаются $D_S = 0$ и $D_T = 1$, на время t_{Tmin} , по истечение которого снимается $D_T = 1$ и устанавливается $D_T = 0$ длительно. Если, при возникно-

Выводы

Представленный алгоритм двухзонного управления комбинированным ИП позволяет реализовать микропроцессорный блок управления применительно к существующим и новым типам электровозов.

Литература

1. Синчук О.Н., Чумак В.В., Ершов О.В. Импульсные системы управления и защиты на рудничном электровозном транспорте. Под ред. Синчука О.Н. – Киев.: АДЕФ – Украина. 277с.