

**Л. Е. БАХНОВ**, канд. техн. наук, директор ГП «НИИ «ХЭМЗ», Харьков;  
**В. Н. ПАНАСЕНКО**, инж., зам.директора ГП «НИИ «ХЭМЗ», Харьков

### **БЛОК ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ.**

В настоящее время на железнодорожных магистралях промышленных комбинатов используются электровозы Днепропетровского электровозостроительного завода. Электровоз рассчитан на питание от контактной сети однофазным током 50Гц с номинальным напряжением 10 кВ. Непосредственно на электровозе устанавливается силовой трансформатор, две преобразовательные установки (два блока выпрямительных полупроводниковых типа ВПБ – 6000 У2 производства РФ) разработки 1987 года.

Эти блоки имеют ряд существенных недостатков:

- большое количество используемых силовых полупроводниковых приборов (диодов Д143 – 630 – 84 шт., тиристоров Т143 – 500 – 24 шт.) с RC – цепями;
- вместе с потоком воздуха, охлаждающего силовые полупроводниковые приборы, в установку попадает токопроводящая пыль, из-за чего относительно часто происходит аварийное отключение преобразователя;
- затруднен ремонт блока из-за ограниченности размеров и насыщенности установленными элементами, кроме того большая масса изделия (1 100 кг) и сложность ремонта связаны с разборкой конструкции самого электровоза и ремонтом в условиях специализированной мастерской.

В институте проведена инициативная разработка нового блока выпрямителя, лишенного вышеуказанных недостатков. Но при этом сохранены габаритно-установочные размеры существующих блоков и места расположения клеммников.

На рис.1. показан общий вид блока выпрямительного полупроводникового модернизированного типа ВПБМ — 6000 У2

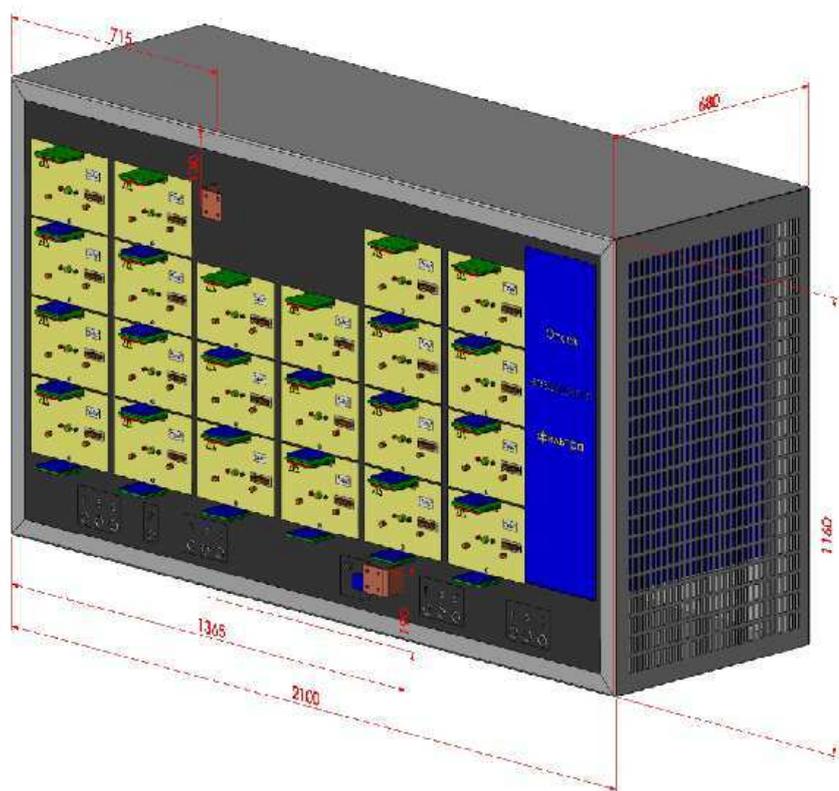


Рис.1. Общий вид типа ВПБМ — 6000 У2.

Каждое плечо содержит одну ветвь вместо шести параллельных. Это обеспечивается применением мощных таблеточных тиристоров Т173 – 5000 – 8 и таблеточных диодов Д163 – 2500 – 32. Наличие в плече блока одной параллельной ветви позволило отказаться от применения индуктивных делителей тока.

© Л.Е. Бахнов, В.Н. Панасенко, 2015

Предусмотрена схема сигнализации о выходе из строя любого из силовых приборов, входящих в состав блока, с выдачей нормализованного сигнала во внешнюю схему и визуальной индикацией на панели машиниста. В модернизированном блоке устанавливается фильтр охлаждающего силовые полупроводниковые приборы воздуха.

Блок типа ВПБМ — 6000 У2 состоит из миниблоков. На рис. 2 показан миниблок.

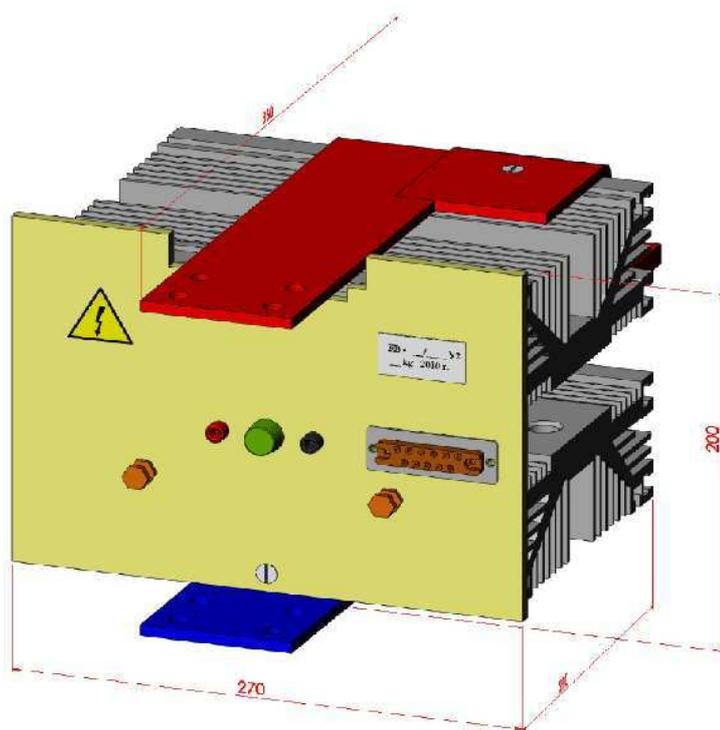


Рис.2. Миниблок. из состава ВПБМ — 6000 У2.

Такое построение конструкции выпрямительных блоков и выбор силовой элементной базы позволяет при выходе из строя любого одного силового полупроводникового прибора плеча сохранить работоспособность. А также позволяет произвести замену неисправного прибора во время проведения профилактики путем замены миниблока.

**Алгоритм работы блока при управлении электровозом. Основные технические характеристики блоков.**

Блок выпрямительный для питания тяговых двигателей постоянного тока тяговых агрегатов электровозом обеспечивает плавное регулирование напряжения в цепи питания.

На рис.3 представлена функциональная схема, поясняющая алгоритм работы блока.

Работа начинается когда контакты главного контроллера находятся в положении 1. При этом угол управления тиристорами изменяется от 90 эл.град. до 0 эл.град. После чего главный контроллер переводится в положение, при котором диоды без тока подключаются к той же отпайке трансформатора. Импульсы управления снимаются с тиристоров. В следующем положении главного контроллера тиристоры без тока подключаются к отпайке с более высоким уровнем напряжения. Далее идет регулирование за счет тиристоров и т. д.

Ниже приведены основные технические характеристики блока.

Номинальная мощность, кВт	6000
Выпрямленное напряжение блока:	
номинальное, В	1740
максимальное, В	2020
минимальное, В	1322

Номинальный ток блока при работе диодных и диодно-тиристорных плеч, А 2050

Допускается работа блока с выходным током 3400 А в течение 2 мин и 3060А в течение 15 мин.

Для обеспечения равномерного распределения напряжения по последовательно соединенным тиристорам и диодам в статическом режиме применяются резисторы, шунтирующие тиристоры и диоды, а для защиты полупроводниковых приборов от коммутационных перенапряжений параллельно им подключаются цепочки RC.

Неравномерность распределения обратных напряжений по последовательно соединенным тиристорам и диодам не превышает ±10% от их среднего значения.

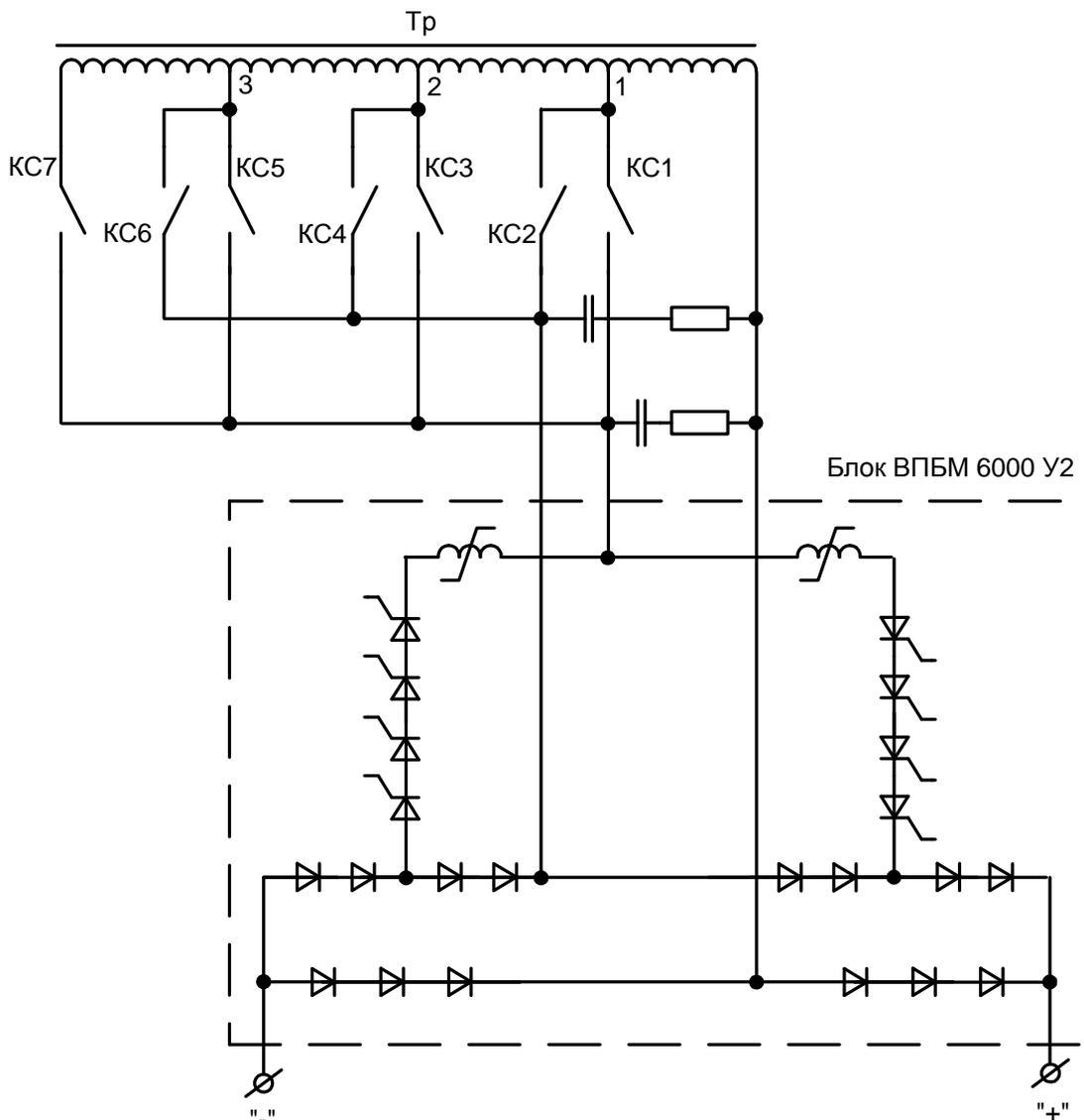


Рис.3. Функциональная схема ВПБМ — 6000 У2.

Каждое плечо ВПБМ содержит одну параллельную ветвь, что обеспечивается применением мощных таблеточных тиристоров Т173 – 5000 – 8 в сборе с охладителями типа О273 и таблеточных диодов Д163 – 2500 – 32 в сборе с охладителями типа О273.

Для осуществления одновременного включения последовательно соединенных тиристоров последовательно с ними в плечах подключаются дроссели задержки L1 и L2, входящие в состав блока.

#### Особенности конструкции блока.

Охлаждение ВПБМ – воздушное, принудительное. Направление движения воздуха – горизонтальное.

Каждый силовой полупроводниковый прибор в сборе с охладителем расположен в вынимаемом миниблоке (рис. 2), в который, кроме того, входят его защитные R и RC – цепи, а также система сигнализации неисправности прибора.

При выходе из строя одного силового полупроводникового прибора плеча блок сохраняет работоспособность и позволяет произвести замену неисправного прибора во время проведения профилактических мероприятий либо во время любой кратковременной остановки электровоза. Время замены миниблока – до 10 минут. В случае выхода из строя силового прибора загорается сигнальная лампа миниблока. Это позволяет легко найти место, где надо заменить блок. Это обстоятельство является важным в связи с тем, что место расположения блоков на электровозе ограничено.

Реализация преимуществ использования схемного решения модернизированного блока типа ВПБМ-6000 У2 потребовало проверки температурного режима работы полупроводниковых приборов. Конструкция прибора и его рабочие характеристики, указанные в технических условиях, однозначно определяют максимально допустимую температуру полупроводниковой структуры. Степень нагрева прибора определяется протекающим током и параметрами вольт-амперной характеристикой вентиля.

$$\Theta = \Theta_{окр} + \varphi[i, R, U_{\gamma}(i)], \quad (1)$$

где  $\Theta_{окр}$  - температура окружающей среды;

$i$  – ток;

$R$  – тепловое сопротивление системы полупроводниковая структура тиристора-окружающая среда;

$U_{\gamma}(i)$  - падение напряжения на тиристоре.

В установившемся режиме среднее значение температуры структуры определяется выражением [1]:

$$\Theta = \Theta_{окр} + RP, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность потерь в приборе.

Выбор приборов производится с учетом только основных потерь в проводящем состоянии, т.к. остальные потери составляют 2 ÷ 5 % от основных [2].

$$\Theta = \Theta_{окр} + R \frac{1}{T} \int_0^{\tau} U_T i dt, \quad (3)$$

где  $T$  – период напряжения,

$\tau$  – время проводимости в течении периода;

$U_T$  - падение напряжения на тиристоре.

При работе выпрямителя по сложному графику нагрузки, как это имеет место в нашем случае, необходимо определить температуру структуры в самой напряженной точке графика. Для определения этой точки использовалась методика изложенная в [3].

Импульсы мощности, выделяемые в приборе, аппроксимировались в виде прямоугольников. Температура структуры в самой напряженной точке графика определялась выражением (Л.3):

$$\Theta_{макс} = \Theta_{окр} + R_1 P_1 + R_2 P_2, \quad (4)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - средние мощности потерь в тиристоре соответственно в течение времени перегрузки и периода малой нагрузки;

$R_1, R_2$  - тепловые сопротивления.

Исходя из полученных результатов были выбраны полупроводниковые приборы.

**Список литературы:** 1. Тиристоры (технический справочник) – М.: «Энергия», 1971. 2. Антер Э. М. Выбор нагрузок тиристоров в мощных преобразовательных с использованием статистико-вероятностных методов – «Электричество», 1972, №9. 3. Давидов П.Д. Анализ и расчет тепловых режимов полупроводниковых приборов –М.: «Энергия», 1967.

**Bibliography (transliterated):** 1. Tiristoryi (tehniceskij spravochnik) – Moskow.: «Energiya», 1971. 2. Apter E. M. Vyibor nagruzok tiristorov v moschnyih preobrazovatelnyih s ispolzovaniem statistiko-veroyatnostnyih metodov – «Elektrichestvo», 1972, №9. 3. David P. D. Analysis and calculation of thermal regimes of semiconductor devices, Moskow.: "Energy", 1967.

Поступила (received) 10.08.2015