

*Акишин Сергей Васильевич, магистрант 2-го года обучения*

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет*

*им. Н.П. Огарева*

## **ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ Н-МОСТОМ НА КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

**Аннотация:** В статье описаны назначение Н-моста на ключевых элементах (транзисторы) и рассматриваются основные принципы управления данным устройством: общее управление противофазными ключами и общее управление синфазными ключами.

**Ключевые слова:** Н-мост, ключевой элемент, управление, транзистор, сигнал.

**Annotation:** The article describes the purpose of the H-bridge on key elements (transistors) and discusses the basic principles of control of this device: General control of antiphase keys and General control of common-mode keys.

**Keywords:** H-bridge, key element, control, transistor, signal.

Одной из наиболее важных задач современной электроники является эффективное управление электрической энергией. Одним из решений данного вопроса является мост, построенный на ключевых элементах. Его принцип работы основывается на изменении полярности напряжения, которое прикладывается к нагрузке.

Необходимость изменять полярность напряжения часто возникает при управлении двигателями или в схемах мостовых преобразователей напряжения. Например, для двигателей постоянного тока это необходимо для изменения

направления вращения[1], а шаговые двигатели или импульсные мостовые DC–DC преобразователи [2] без решения этой задачи вообще не будут работать.

На рисунке 1 представлена схема, которая за внешнюю схожесть с буквой Н принято называть Н–мостом. Рассмотрим принцип её работы.

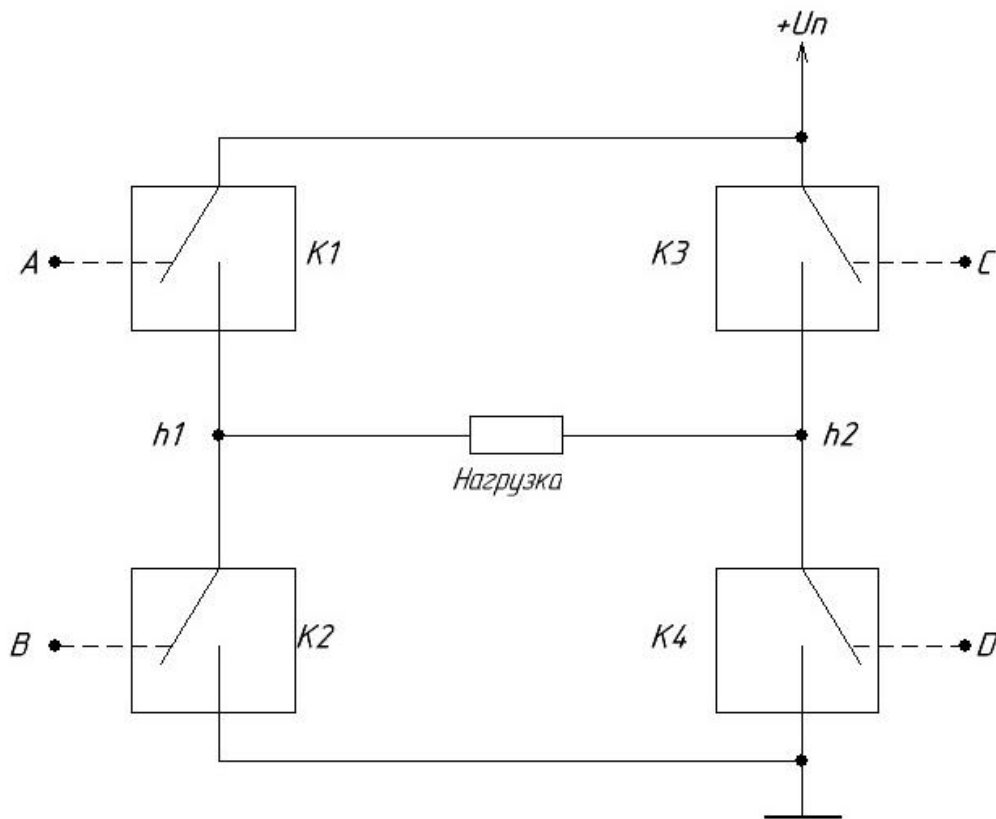


Рисунок 1 – Структурная схема Н–моста

Основные элементы схемы:

K1, K2, K3, K4 — управляемые ключи

A, B, C, D — сигналы управления ключами

Принцип работы схемы заключается в следующем: если ключи K1 и K4 замкнуты, а ключи K2 и K3 разомкнуты, то к точке h1 оказывается приложено напряжение питания, а точка h2 замыкается на общий провод. Ток через нагрузку в этом случае течёт от точки h1 к точке h2.

Если сделать наоборот, — ключи K1 и K4 разомкнуть, а ключи K2 и K3 замкнуть, то полярность напряжения на нагрузке изменится на

противоположную, — точка  $h1$  окажется замкнута на общий провод, а точка  $h2$  — на шину питания. Ток через нагрузку теперь будет течь от точки  $h2$  к точке  $h1$ [3].

Довольно часто сигналы управления ключами попарно объединяют. Объединяют их таким образом, чтобы от одного внешнего сигнала управления формировалось сразу два сигнала управления в схеме (то есть сразу на два ключа). Это позволяет сократить количество внешних сигналов управления с четырёх до двух.

Объединяют сигналы чаще всего двумя способами: либо  $A$  объединяют с  $B$ , а  $C$  объединяют с  $D$ , либо  $A$  объединяют с  $D$ , а  $B$  объединяют с  $C$ . Чтобы обозначить и зафиксировать различия, — назовём способ, когда образуют пары  $AB$  и  $CD$  «общим управлением противофазными ключами» (эти ключи для изменении полярности прикладываемого к нагрузке напряжения должны работать в противофазе, т.е. если один открывается — другой должен закрываться), а способ, когда образуются пары  $AD$  и  $BC$  назовём «общим управлением синфазными ключами» (эти ключи для изменении полярности работают синфазно, т.е. либо оба должны открываться, либо оба закрываться).

Для пояснения принципа действия рассмотрим рисунок 2.

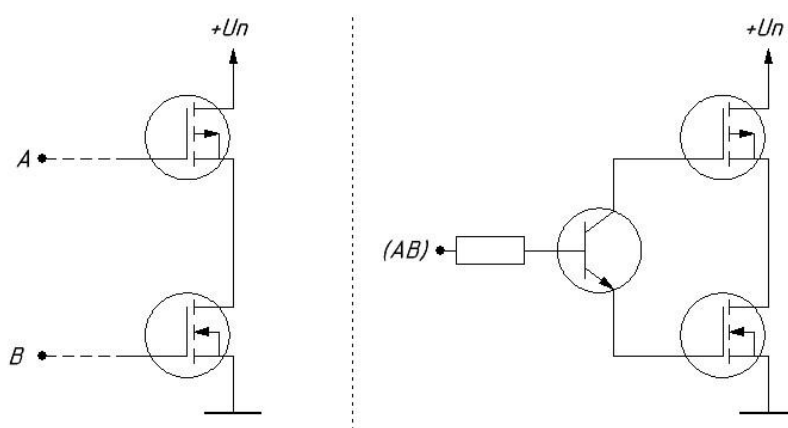


Рисунок 2 – Подходы к управлению плечами H-моста

Условимся далее высокий уровень напряжения считать единицей, а низкий — нулём. В левой части рисунка транзисторы управляются независимо друг от друга. Чтобы открыть верхний транзистор — нужно подать сигнал управления  $A=0$ , а чтобы его закрыть — нужно подать  $A=1$ . Для открытия и закрытия нижнего транзистора нужно подавать  $B=1$  или  $B=0$ . Если с помощью дополнительного транзистора объединить сигналы  $A$  и  $B$  (правая часть рисунка), то управлять верхним и нижним транзистором можно одним общим сигналом  $AB$ . Когда  $AB=1$  оба транзистора открываются, а когда  $AB=0$  — оба закрываются.

На рисунке 3 показан H-мост с общим управлением противофазными ключами, а на рисунке 4 — с общим управлением синфазными ключами.  $У1$  и  $У2$  — это узлы, позволяющие из одного внешнего общего сигнала сформировать отдельный сигнал на каждый из работающих в паре ключей.

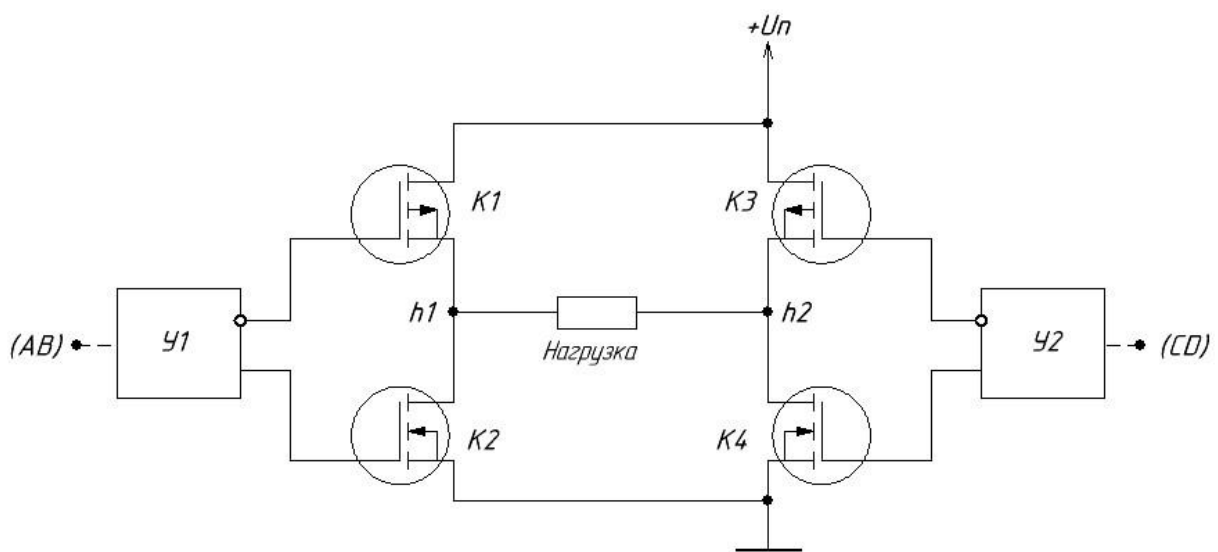


Рисунок 3 – H-мост со схемой общего управления противофазными ключами

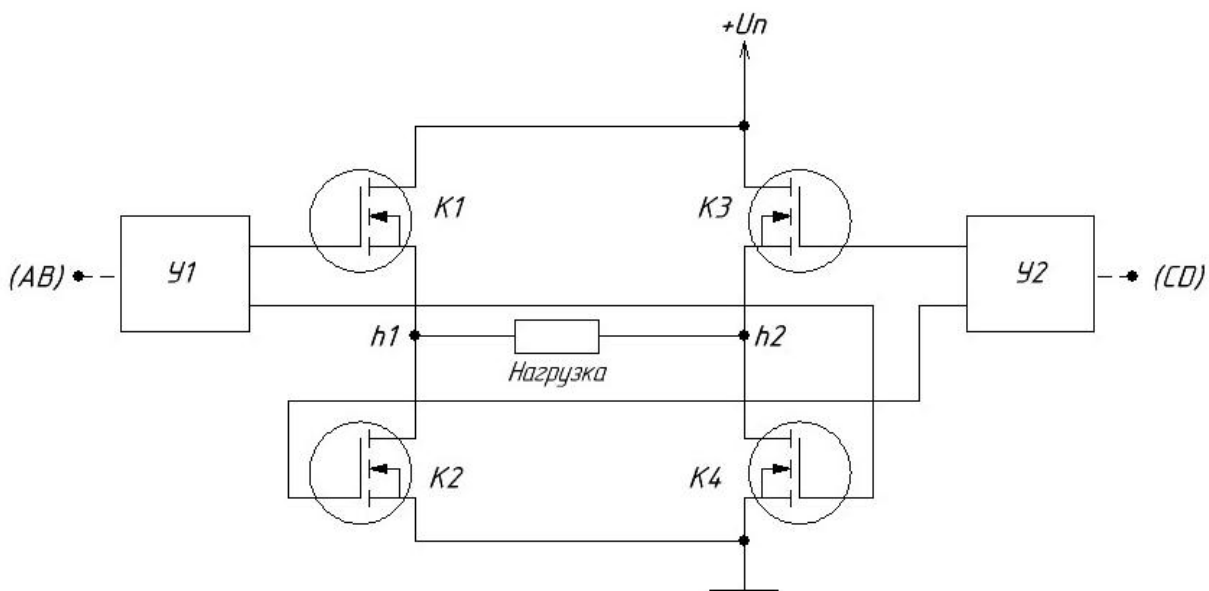


Рисунок 4 – H-мост со схемой общего управления синфазными ключами

При общем управлении противофазными ключами можно сделать так, чтобы оба верхних или оба нижних ключа оказались открыты (если схема такая, как у нас слева, то это произойдёт при  $AB=CD$ ), то есть доступен режим торможения. Однако минус в том, что при таком способе управления практически наверняка получим сквозные токи через транзисторы, вопрос будет только в их величине. В промышленных микросхемах для борьбы с этой проблемой вводят специальную цепь задержки для одного из транзисторов.

При общем управлении синфазными ключами можно легко побороть сквозные токи (просто нужно сначала подавать сигнал на выключение той пары транзисторов, которая используется в настоящий момент, а уже потом сигнал на включение той пары, которую мы планируем использовать).

Кроме всего вышперечисленного необходимо понимать, что при частых постоянных переключениях (в преобразователях или при управлении шаговыми двигателями), для нас будет принципиально важно не только избежать возникновения сквозных токов, но и добиться максимальной скорости переключения ключей, поскольку от этого зависит их нагрев.

### **Библиографический список:**

1. Stich F. A. Transistor inverter motor drive having voltage boost at low speeds : пат. 3971972 США. – 1976.
2. Rahim N. A., Elias M. F. M., Hew W. P. Transistor-clamped H-bridge based cascaded multilevel inverter with new method of capacitor voltage balancing //IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2012. – Т. 60. – №. 8. – С. 2943-2956.
3. Baker J. M. Class AB H-bridge using current sensing MOSFETs : пат. 6445530 США. – 2002.