

КУДРЯВЦЕВ И. Ф.,
кандидат технических наук

БЕСКОНТАКТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Ввиду недостаточной надежности контактов в условиях сельскохозяйственного производства перспективными являются недорогие бесконтактные цепи управления, которые значительно повышают надежность средств автоматизации производственных электроустановок без существенного их удорожания [1, 3].

Наименее надежны контакты промежуточных реле и реле времени. Например, устранение в цепи управления одних контактов промежуточного реле и его электромагнитной системы по надежности равноценно устранению трех контактов магнитного пускателя в силовой цепи.

Наряду с недорогими бесконтактными цепями управления с электромагнитными элементами [2, 3] значительный интерес представляет бесконтактная цепь катушки магнитного пускателя, составленная из самого недорогого тиристора ВКУ-10, диодов Д7Ж, бесконтактного конечного выключателя БВК-24 и некоторых других элементов (рис. 1). Управление тиристором, пропус-

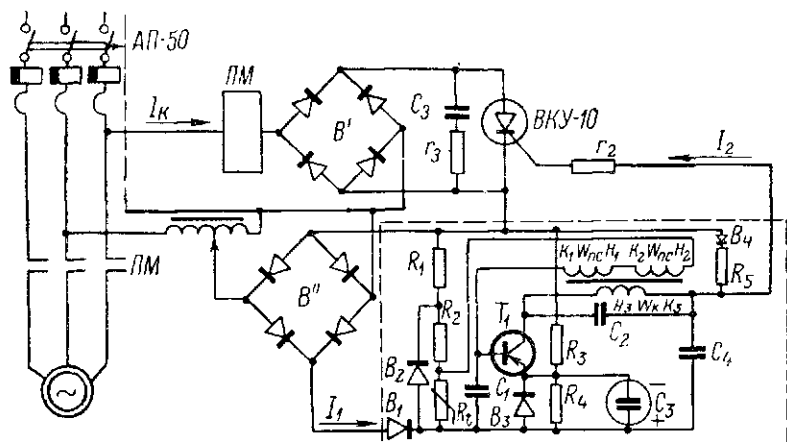


Рис. 1. Бесконтактная цепь автоматизированного управления электроприводом с использованием магнитного пускателя, тиристора ВКУ-10 и БВК-24.

кающим или запирающим ток в цепи катушки пускателя, осуществляется с помощью выпускаемого Лидским заводом «Электронизделия» бесконтактного выключателя БВК-24, выходной цепью включенного в цепь управления тиристора через регулировочное сопротивление r_2 .

Защита тиристора ВКУ-10 от коммутационных перенапряжений в соответствии с инструкцией по эксплуатации выполнена с помощью проволочного сопротивления $r_3 = 30 \text{ ом}$ и емкости $C_3 = 1 \text{ мкф}$.

В схеме бесконтактного выключателя БВК-24 применен транзистор T_1 типа П4Д. Выключатель действует на основе использования принципа генератора с трансформаторной обратной связью. Генерирование незатухающих колебаний осуществляется подачей возникших в колебательном контуре выходных сигналов достаточной величины обратно на вход в соответствующей фазе. Для управления процессом генерации, осуществляемой с помощью изменения коэффициента связи между обмоткой катушки W_k и контуром обратной связи, используется встречно-последовательное соединение обмоток положительной $W_{пс}$ и отрицательной $W_{ос}$ обратной связи. Обмотки W_k и $W_{пс}$ выполнены на общем бронзовом ферритовом сердечнике марки СБН34-600, а обмотка $W_{ос}$ — на таком же сердечнике, находящемся на расстоянии 9–10 мм от сердечника первых двух катушек.

В предлагаемой схеме бесконтактное включение и отключение магнитного пускателя производится следующим образом. На входную цепь БВК-24 подается напряжение постоянного тока 24 в. При введении алюминиевой пластинки в направляющий паз уменьшается обратная связь между обмотками W_k и $W_{ос}$, возникает результирующая положительная связь между W_k и контуром обратной трансформаторной связи. Вызванное генерацией появление в коллекторной цепи, т. е. в цепи управления тиристора, тока I_2 вполне достаточно для открытия управляемого вентиля ВКУ-10. Последний, открываясь, создает цепь для двух полуоволн тока в катушке магнитного пускателя, который в этот момент включается.

При выведении алюминиевой пластинки из направляющего паза усиливается отрицательная связь между W_k и $W_{ос}$, создавая отрицательную результирующую связь между W_k и контуром обратной связи. Происходит срыв генерации и прекращение тока в цепи управления тиристора. При первом же прохождении тока в цепи катушки магнитного пускателя через нуль тиристор закрывается, прерывая цепь тока и отключая магнитный пускатель.

Длительность переходного процесса при возникновении и срыве генерации не превышает трех-четырех периодов несущей частоты генератора, значение которой превышает несколько кило-

герц. Поэтому можно считать, что перепад коллекторного тока практически происходит мгновенно.

Установленный в цепи эмиттера диод B_2 создает нелинейную отрицательную обратную связь по току, способствующую улучшению температурной стабильности триода. Для стабилизации режима триода по температуре и напряжению в схеме бесконтактного выключателя применен также и делитель напряжения, состоящий из линейных сопротивлений R_1 , R_2 , полупроводникового термосопротивления R_t типа ММТ-8 и диода B_2 типа Д7Г. Удовлетворительная стабилизация режима триода по напряжению достигается при низких температурах благодаря диоду B_2 в цепи делителя, а при высоких температурах — полупроводниковому термосопротивлению R_t .

Согласно заводским данным выключатель БВК-24 рассчитан на постоянное напряжение 24 в. Допустимое колебание напряжения составляет от 0,85 до 1,25 номинального значения. Максимальный ток нагрузки равен 120 ма, вес — 320 г, стоимость — 13 рублей.

Аппарат надежно работает при изменении температуры окру-

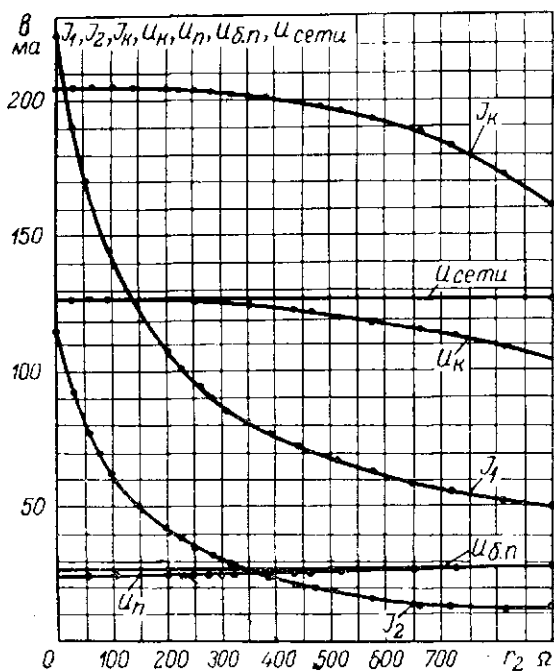


Рис. 2. Зависимости токов и напряжений в бесконтактной цепи управления ПМИ-2 с тиристором ВКУ-10 и БВК-24 от сопротивления r_2 при $U_1 = 126$ в, $U_{д.п} = 28$ в.

жающей среды в пределах от -10 до $+45^{\circ}\text{C}$. Выходная цепь выключателя рассчитана на подключение электромагнитного реле типа МКУ-48 или КДР-1.

Сопротивление r_2 должно быть такой величины, чтобы при возможном повышении напряжения входной ток БВК-24 не превышал 120 ма , а выходной не превосходил допустимый ток в цепи управления тиристора. В связи с этим напряжение на БВК-24 во время проведения опыта было взято 27 в .

На рис. 2 по экспериментальным данным построены зависимости токов на входе и выходе БВК-24 I_1 и I_2 , в цепи катушки магнитного пускателя I_k и напряжения на катушке U_k в функции сопротивления r_2 .

Из кривых видно, что указанные токи и напряжения уменьшаются с увеличением r_2 . Наибольшее значение r_2 взято 940 ом , свыше которого нарушается нормальная работа пускателя. Из кривой $U_k - f(r_2)$ и $I_k - f(r_2)$ следует, что номинальные их значения обеспечиваются при изменении r_2 от 0 до 225 ом . При r_2 выше 225 ом ток в цепи катушки и напряжение на ней становятся меньше номинальных и чем больше значение r_2 , тем больше эти отклонения. С учетом допустимого значения I_1 рабочий диапазон сопротивления r_2 находится в пределах $155 \div 240 \text{ ом}$. Значение тока I_1 в этом диапазоне изменяется от 120 до 99 ма .

Характер изменения тока I_1 можно выразить уравнением гиперболы вида

$$I_1 = \frac{U \cdot 1000}{k r_{\text{тир}} + r_2^2} \text{ ма}, \quad (1)$$

где U — напряжение на входе БВК-24 с введенным экраном (пластинкой), в ;

$r_{\text{тир}}$ — сопротивление цепи управления тиристора;

r_2 — регулировочное сопротивление в цепи управления;

k, a — эмпирические величины, зависящие от характеристик элементов, входящих в БВК-24.

Для данного случая $U = 27 \text{ в}$, $k = 0,53$, $a = 0,915$.

Формула (1) действительна для r_2 , изменяющегося от 0 до 400 ом .

Для открытия тиристора в его цепи управления необходимо создавать определенный ток, которым, как показано на схеме рис. 1, является I_2 . Выявление его зависимостей от различных факторов и в первую очередь от сопротивления r_2 является важной задачей. Из рис. 2 видно, что магнитный пускатель включается при минимальном токе в цепи управления тиристора 12 ма . Однако, начиная с 37 ма и ниже, ток в цепи катушки пускателя и соответственно напряжение на катушке становятся

меньше номинальных значений. Это отклонение увеличивается по мере возрастания r_2 и соответственного уменьшения I_2 .

Из кривой $I_2=f(r_2)$ явствует, что для рабочего диапазона сопротивления r_2 ток I_2 должен иметь значение в пределах 50—37 ма.

Зависимость тока управления I_2 от сопротивления r_2 (аналогично предыдущему) можно выразить уравнением (1), в котором U — напряжение на выходе БВК-24. При напряжении на входе 27 в оно равно 24 в. В этом случае $k=0,91$; $a=1,13$.

В период включения магнитного пускателя возникает переходный процесс, длящийся 1—3 полупериода с кратковременными пиками напряжения открытия тиристора. Поэтому с учетом возможных коммутационных перенапряжений его электрическая прочность должна быть не менее, чем в 2 раза больше амплитуды номинального напряжения сети.

Рассмотренная схема автоматизированного управления электроприводом (рис. 1) с бесконтактной цепью управления работает хорошо и ее можно использовать в тех случаях, когда бесконтактные полупроводниковые выключатели, регуляторы и другие датчики имеют небольшую выходную мощность, достаточную лишь для цепи управления тиристора.

Весьма заманчивой является перспектива создания таких полупроводниковых выключателей, регуляторов, датчиков или усилителей к ним, которые были бы рассчитаны на подключение катушек силовых контакторов, а последние своими контактами могли бы включать и отключать нагрузку переменного тока. Помимо того, что полупроводниковые устройства на выходе имеют постоянный ток, в пользу применения контакторов постоянного тока говорит и то, что они имеют меньшую чувствительность к снижению напряжения и большую надежность. Например, при снижении напряжения на катушке электромагнитных аппаратов переменного тока до величины, равной или меньшей напряжения отключения, аппараты отключаются, а если их катушки после отключения остаются под напряжением, то они перегорают вследствие возникновения в них тока, в несколько раз превышающего номинальный. Это происходит потому, что сопротивление катушек с разомкнутым магнитопроводом в 5—13 раз меньше, чем с замкнутым. Если производится включение аппаратов в тот момент, когда напряжение в питающей сети меньше напряжения срабатывания и их катушки после этого остаются под напряжением, то они также перегорают. Заклинивание подвижного магнитопровода в момент включения аппарата приводит к тем же последствиям. Этих недостатков нет у электромагнитных аппаратов постоянного тока.

На рис. 3 представлена схема автоматизированного электропривода с бесконтактной цепью управления контактором постоянного тока, работающим от бесконтактного выключателя

БВК-24 с усилителем. Последний изготовлен по нашей заявке в СКБ-8 Минского завода автоматических линий. Катушка контактора K непосредственно подключена к усилителю на выходное напряжение 24 в постоянного тока. Контактор ПМИ-2П

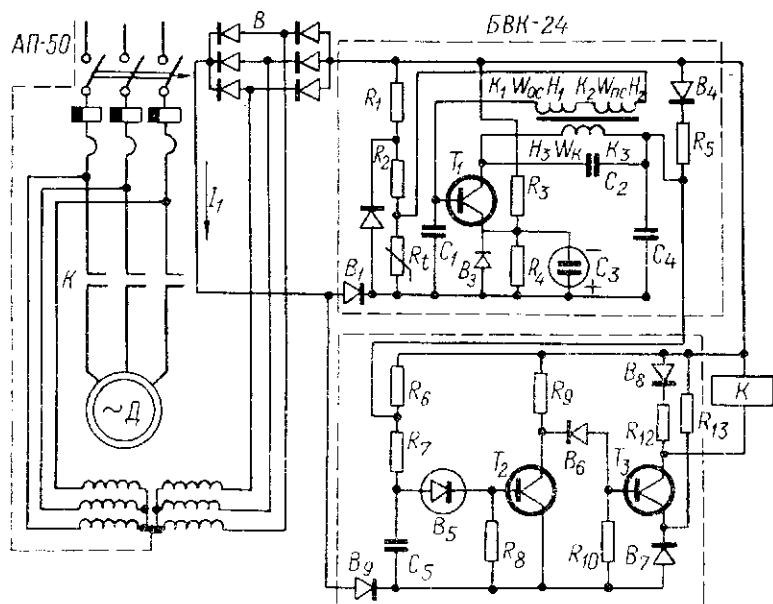


Рис. 3. Бесконтактная цепь автоматизированного управления электроприводом с использованием контактора ПМИ-2П, БВК-24 и полупроводникового усилителя к БВК.

изготовлен из магнитного пускателя ПМИ-2 путем замены катушки и некоторого изменения в магнитной системе. Так как принцип действия БВК-24 описан выше, для уяснения работы схемы рассмотрим работу усилителя.

При отсутствии на входе усилителя сигнала от БВК стабилитрон B_5 пробивается, ток протекает через переход эмиттер-база триода T_2 , стабилитрон B_5 , сопротивления R_8, R_7, R_6 . Триод T_2 , находясь в режиме насыщения, шунтирует сигнал через сопротивление R_9 и диод B_6 на базу триода T_3 , который закрыт, и ток через катушку практически равен нулю.

С приходом управляющего сигнала от БВК шунтируются сопротивления R_8, R_7 и стабилитрон B_5 , закрывается триод T_2 , открывается триод T_3 и через катушку протекает полный ток.

Нагрузкой усилителя является катушка контактора постоянного тока, имеющая индуктивное и активное сопротивления. При запираании выходного триода T_3 в катушке контактора возникает э. д. с. самоиндукции, которая может в несколько раз превосхо-

дить величину напряжения источника. Для предотвращения этого явления и защиты выходного триода предусмотрена шунтирующая цепочка из диода B_8 и сопротивления R_{12} . Благодаря наличию этой цепочки ток в нагрузке не исчезает мгновенно, т. е. несколько затягивается время отключения контактора. Конденсатор C_5 препятствует проникновению генерации БВК в усилитель. Диод B_6 используется как нелинейный элемент. Цепочка R_{13}, B_7 способствует стабилизации транзистора T_3 .

Основные технические данные усилителя

Питание усилителя производится от источника постоянного тока с напряжением 24 в, собранного по схеме трехфазного двухполупериодного выпрямления.

Управляющий сигнал на вход усилителя подается от БВК-24.

Усилитель работает при изменении напряжения питания от 0,85 до 1,25 номинального значения и температуре окружающей среды от -5 до $+45^\circ\text{C}$.

Таким образом, с введением в паз БВК алюминиевой пластинки на катушке контактора появится напряжение 24 в постоянного тока. Контактор включится и включит электродвигатель. С выведением пластинки из паза БВК напряжение на катушке контактора исчезнет и электродвигатель отключится.

Для анализа работы бесконтактной цепи катушки контактора сняты зависимости тока $I_{\text{н}}$, напряжение $U_{\text{н}}$, мощности $P_{\text{н}}$ на выходе усилителя и I_1, U_1 и P_1 на входе в БВК от величины сопротивления нагрузки (катушки контактора) $R_{\text{н}}$.

Из кривых (рис. 4) видно, что разница между напряжениями на входе U_1 и выходе $U_{\text{н}}$ составляет около 1,5 в. С уменьшением сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$ напряжения U_1 и $U_{\text{н}}$ плавно снижаются, а токи I_1 и $I_{\text{н}}$ увеличиваются. Эти изменения (от $R_{\text{н}} = 70$ ом и менее) носят резкий характер. Разница между мощностями P_1 и $P_{\text{н}}$ выражает потери в БВК-24 и усилителе, которые равны 1,6—2,7 вт.

Зная требуемую мощность нагрузки, по кривой $P_{\text{н}} = f(R_{\text{н}})$ находят сопротивление, которое должна иметь нагрузка, а затем определяют ток и напряжение нагрузки. Эти данные должны быть исходными при выборе и расчете катушек контакторов, подсоединяемых непосредственно к усилителю.

Измерения показали, что напряжение включения контактора составляет примерно 65%, а напряжение отключения — 40% номинального.

Представленная на рис. 3 схема с бесконтактной цепью управления перспективна и может быть использована для автоматизации водоснабжения, зерноочистки, кормоприготовления и других процессов, в которых бесконтактный выключатель БВК-24 может быть использован как датчик давления, конечный выключо-

читель и в других случаях, где изменение регулируемых параметров можно увязать с перемещением алюминиевой пластинки в пазу БВК-24.

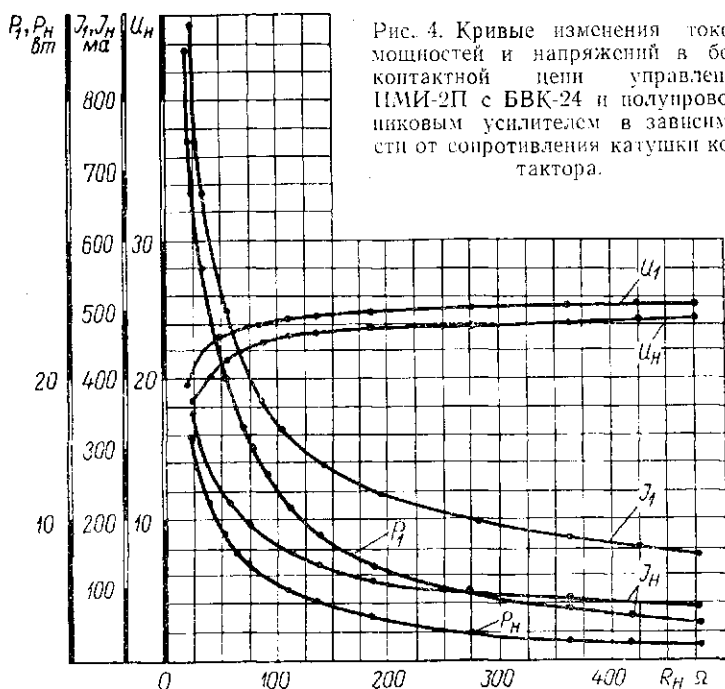


Рис. 4. Кривые изменения токов, мощностей и напряжений в бесконтактной цепи управления ЦМИ-2П с БВК-24 и полупроводниковым усилителем в зависимости от сопротивления катушки контактора.

Легко приспособить БВК-24 в качестве датчика веса продукта, поступающего в бункер. Например, при наполнении бункера зерном или другим наполнителем из паза БВК-24 под действием веса зерна должна выйти пластинка. Тогда автоматически отключится машина или поточная линия, работающая на заполнение данного бункера. При этом в цепи управления, в том числе и в датчике, нет электрических контактов, которые ненадежны и пожароопасны. Стоимость БВК-24 с усилителем около 24 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев И. Ф. Оценка надежности и экономичности систем автоматического управления электроустановками. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1966, № 6.
2. Кудрявцев И. Ф. Бесконтактные цепи катушек магнитных пускателей для автоматизации электроустановок. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1964, № 6.
3. Кудрявцев И. Ф., Шкляр О. С. Автоматизация безбашенной электроводоканчки. «Техника в сельском хозяйстве», 1965, № 9.