

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ КАЛАНДРА НА ТИРАТРОНАХ

А. П. ЗАЙЦЕВ, А. И. ЗАЙЦЕВ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Предлагаемая система импульсного регулирования скорости двигателей постоянного тока спроектирована для привода каландра и является дальнейшим развитием систем регулируемого ионного привода. Цель создания данной системы — расширение диапазона регулирования скорости двигателя в импульсных системах ионного привода, максимальное упрощение схемы управления, повышение надежности работы электропривода без существенного ухудшения качества процесса регулирования скорости.

В основу работы схемы положен принцип регулирования среднего выпрямленного значения напряжения ионного преобразователя путем преобразования переменного напряжения в импульсы постоянного напряжения определенной длительности и частоты. Длительность и амплитуда импульсов постоянного напряжения остаются неизменными, частоту же повторения их можно изменять в широких пределах (0—50 импульсов в секунду при частоте питающей сети $f = 50$ гц). Среднее выпрямленное напряжение находится в прямой зависимости от частоты повторения импульсов постоянного напряжения.

На рис. 1 заштрихованы полупериоды напряжений фаз А, В, С, в течение которых силовые управляемые вентили проводят ток. Про-

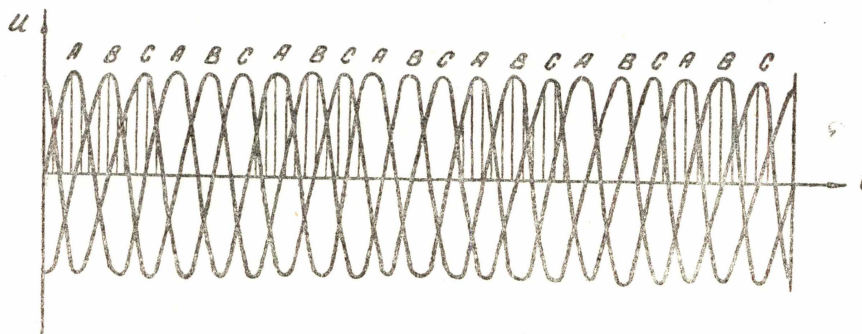


Рис. 1.

водящие полупериоды напряжений фаз А, В, С и составляют импульсы напряжения постоянной длительности и амплитуды. Зажигая вентили

через разное количество периодов переменного напряжения, можно изменять частоту повторения импульсов, а значит и среднее выпрямленное напряжение. В зависимости от величины среднего выпрямленного напряжения скорость вращения двигателя будет изменяться.

Выпрямленное напряжение имеет прерывный характер. Благодаря этому для экономичного ограничения тока при пуске, а также при небольших скоростях вращения двигателя можно применить дроссель. Последний существенно расширяет диапазон регулирования скорости вращения двигателя при неизменной и максимальной амплитуде импульса напряжения. Принцип работы системы объясняет рис. 2.

Преобразователь-делитель частоты 4 импульсов напряжения преобразует переменное напряжение питающей сети в импульсы напряжения с частотой повторения f , которую можно изменять при помощи постоянного напряжения $U = U_3 + U_{o.c.}$, где U_3 — задающее напряжение,

$U_{o.c.}$ — напряжение обратной связи по скорости.

Спусковая схема 5 обеспечивает на выходе тройку сдвинутых на 120 электрических градусов импульсов с такой же частотой повторения и подаваемых в качестве отпирающих импульсов на управляемый выпрямитель 1.

На выходе выпрямителя 1 получают импульсы напряжения U_f с частотой повторения f , подаваемые на двигатель 2.

Если под действием момента нагрузки скорость двигателя, а значит, и тахогенератора 3, снизится, то уменьшится напряжение $U_{o.c.}$, что приведет к увеличению частоты повторения импульсов f . Это вызовет в свою очередь увеличение среднего выпрямленного напряжения питания двигателя, а значит, и его скорости.

Изменяя величину задающего напряжения U_3 , можно регулировать скорость вращения двигателя.

В исходном состоянии управляющий тиристор UT_1 заперт напряжением U_3 (рис. 3). На сетке управляющих тириستоров UT_2 и UT_3 через фазосдвигающие цепочки $C_1 - R_1 R_{K_1} R_{K_2}$ и $C_2 - R_2 R_{K_4}$ соответственно подаются напряжения опережающих фаз, сдвинутые на 60 электрических градусов в сторону опережения. Тиристры UT_2 и UT_3 закрыты, так как на их сетки поданы переменные напряжения в противофазе с анодными напряжениями. В сеточную цепь UT_1 включен накопительный конденсатор C_H . Параллельно C_H подключен разрядный тиристор PT , который в исходном состоянии заперт напряжением $U_{зп.}$. С момента включения схемы на конденсатор C_H подаются импульсы напряжения через вентиль B и сопротивление R_3 . Характер заряда и разряда конденсатора C_H определяется постоянной времени заряда $T_3 = R_3 C_H$ и постоянной времени разряда $T_p = R_p C_H$ и показан на рис. 4.

Напряжение на конденсаторе U_c вычитается из запирающего напряжения U_3 . Когда результирующее сеточное напряжение $U_g = U_3 - U_c$ станет равным напряжению отпирания, зажигается тиристор UT_1 (рис. 5). По сопротивлениям R_{K_1} и R_{K_2} протекает в течение одного полупериода

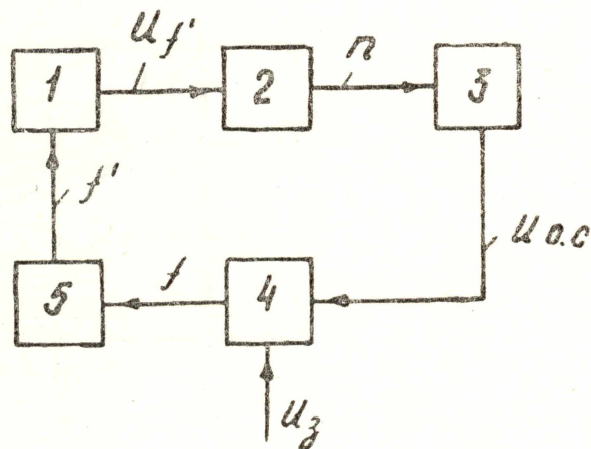


Рис. 2.

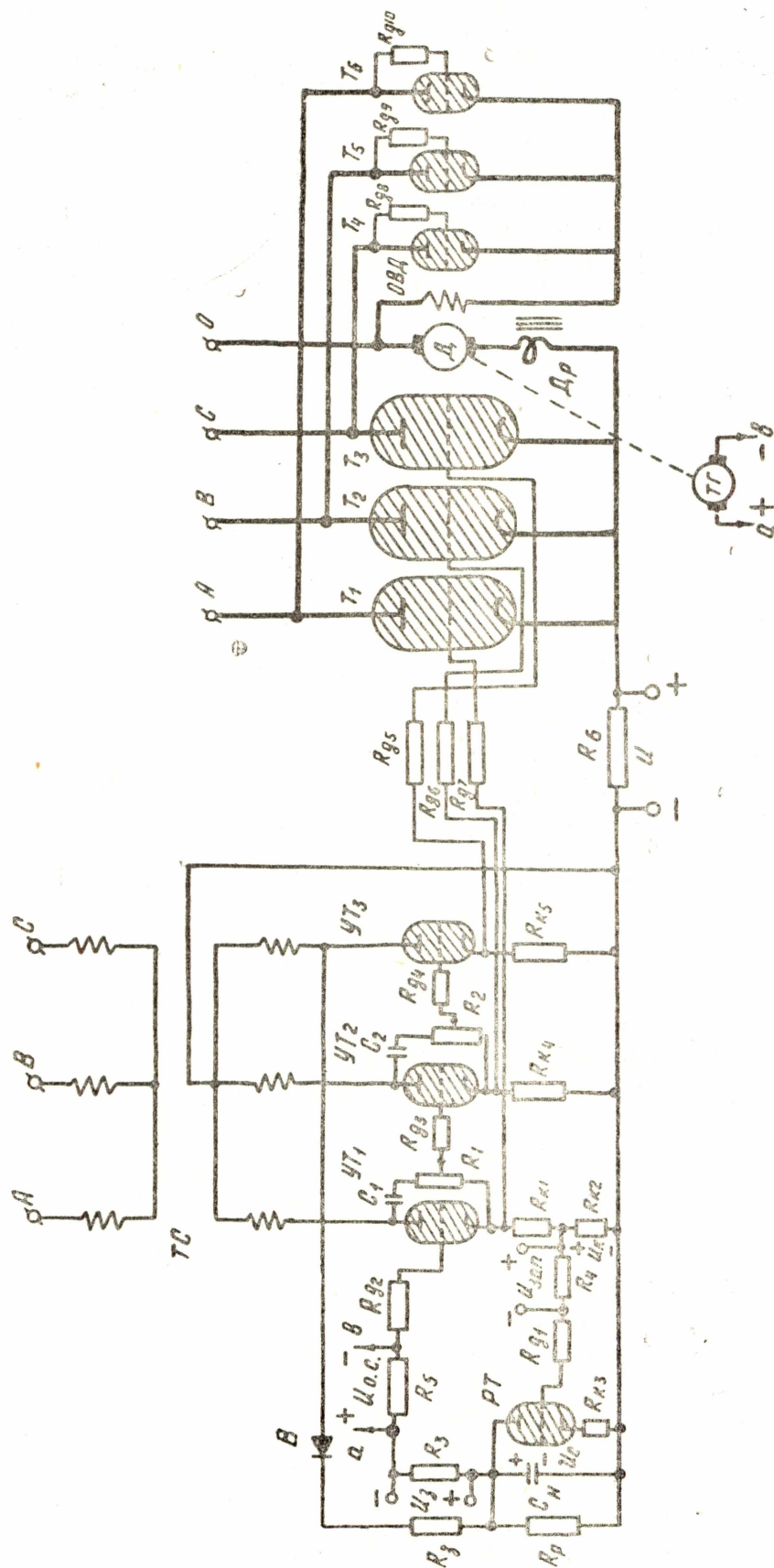


Рис. 3.

ток, под действием которого создается импульс напряжения, подаваемый в качестве отпирающего положительного импульса на сетку силового тиратрона T_1 . Сопротивление R_{κ_2} подобрано таким образом, чтобы падение напряжения на нем U_{κ} было равно или несколько больше $U_{\text{зап}}$. В цепи сетки разрядного тиратрона PT во время горения UT_1 действует разность напряжений $U_{\text{зап}} - U_{\kappa} \approx 0$ и последний открывается. Накопительный конденсатор C_H быстро разряжается через тиратрон PT и небольшое сопротивление R_{κ_3} . Тиратрон UT_1 запирается, и схема возвращается в исходное состояние.

Тиратрон PT после запираания UT_1 надежно запирается напряжением $U_{\text{зап}}$ ($U_{\kappa} = 0$, $U_c = 0$). Конденсатор C_H „отсчитывает“ заданное количество импульсов напряжения (рис. 3).

Изменяя величину задающего напряжения U_3 , можно изменять количество „отсчитываемых“ конденсатором C_H импульсов, а следовательно, и частоту зажигания тиратрона UT_1 .

Схема, построенная на тиратронах UT_1 , UT_2 , UT_3 , является спусковой. Сопротивление $R_1 \gg R_{\kappa_1} + R_{\kappa_2}$, поэтому падение напряжения на

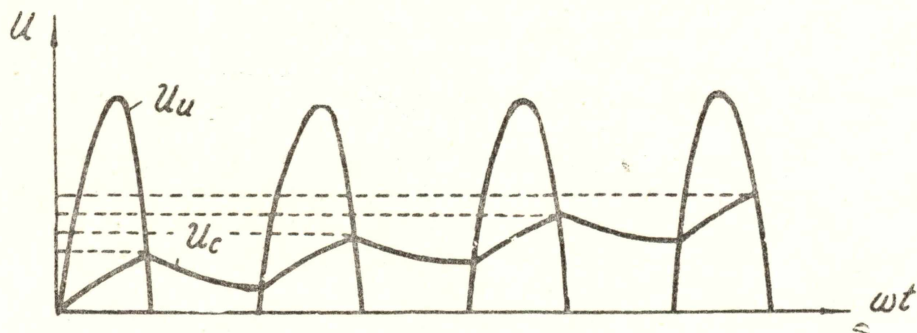


Рис. 4.

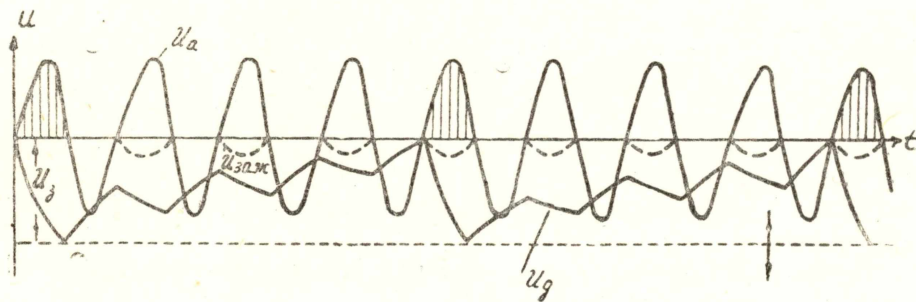


Рис. 5.

R_{κ_1} и R_{κ_2} от тока по цепи C_1 , R_1 , R_{κ_1} , R_{κ_2} во время, когда UT_1 закрыт, ничтожно мало и не оказывает влияния на работу схемы. Когда тиратрон UT_1 проводит ток, на сопротивлениях R_{κ_1} и R_{κ_2} создается падение напряжения, плюсом на сетку тиратрона UT_2 . К моменту появления на аноде UT_2 проводящего полупериода анодного напряжения на сетке UT_2 нет запирающего потенциала. UT_2 проводит ток, на сопротивлении R_{κ_1} создается падение напряжения, приложенное „плюсом“ к сетке силового тиратрона T_2 .

Аналогичным образом работает и тиратрон UT_3 .

Отпирающие импульсы на силовые тиратроны снимаются с катодных сопротивлений управляющих тиратронов через сопротивления R_{g_5} , R_{g_6} , R_{g_7} . Частота этих импульсов равна частоте зажигания управляющих тиратронов.

Чтобы обеспечить зажигание тиратрона $УТ_1$ в начале проводящего полупериода анодного напряжения, на накопительный конденсатор C_H подаются зарядные импульсы напряжения с опережающей фазы.

Для стабилизации скорости вращения приводного двигателя в цепи сетки управляющего тиратрона $УТ_1$ вводится напряжение отрицательной обратной связи по скорости $U_{о.с.}$, снимаемое с тахогенератора $ТГ$.

Точность поддержания стабильности вращения двигателя зависит от величины и соотношения сопротивлений R_z и R_p .

Система с обратной связью по скорости допускает плавное бесступенчатое регулирование скорости вращения двигателя, так как среднее количество импульсов напряжения за определенную единицу времени может быть любым.

Выводы

Предлагаемая схема импульсного регулирования скорости обладает следующими достоинствами:

1. Высокий коэффициент мощности системы, так как ионные приборы работают в релейном режиме, с полностью открытыми сетками.

2. Отсутствие в схеме управления по сравнению с известными схемами пик-дресселей, требующих точного изготовления и качественного магнитопровода.

3. Простота схемы управления, высокая ее надежность, исключительная простота настройки, компактность, малый вес и стоимость.

4. Более широкий диапазон регулирования скорости по сравнению с другими известными системами импульсного регулирования при неизменной амплитуде импульсов напряжения.

5. Безинерционность схемы управления, высокая чувствительность.

6. Универсальность схемы управления. Последняя может быть применена без перестройки для ионных преобразователей на различную мощность, при этом в качестве управляемых клапанов могут быть как тиратроны, так и управляемые ртутные выпрямители.

7. Возможность прямого пуска двигателя при угле запаздывания зажигания анодов равным нулю.

8. Ввиду зависимой работы управляющих тиратронов $УТ$ исключаются пропуски зажигания ионных приборов, включенных в различные фазы питающей силовой сети.

Настоящая схема импульсного регулирования скорости испытана в лаборатории.

В качестве приводного двигателя использовался двигатель ПН-145 со следующими паспортными данными:

$$P_H = 21 \text{ кВт};$$

$$I_H = 109 \text{ а};$$

$$n_H = 1500 \text{ об/мин};$$

$$U_H = 220 \text{ в}.$$

Были применены в качестве управляемых клапанов тиратроны типа ТР1-85/15.

При изменении момента двигателя от 0,15 Мн до Мн статический перепад скорости был не более 2%. Скорость вращения двигателя при этом была $n = 1100$ об/мин. Получен диапазон регулирования скорости $D = 3$.

Большая перспектива для широкого применения данной системы открывается при увеличении частоты питающей сети переменного тока, так как частота питающей сети определяет верхнюю границу частоты повторения импульсов выпрямленного напряжения, их скважность и длительность. Чем меньше длительность импульса, тем меньше должна быть индуктивность дросселя для ограничения тока на определенном уровне. С увеличением частоты повторения импульсов уменьшается амплитуда динамической пульсации скорости вращения двигателя при прочих равных условиях.

Поступила в редакцию
в июне 1962 г.
