

## ДВУХФАЗНАЯ РЕЛЕЙНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПУСКОВОГО ТОКА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. П. ЗАЙЦЕВ, В. А. ПОДЛЯГИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Релейные системы регулирования по сравнению с широтно-импульсными системами обладают в основном двумя преимуществами: высоким быстродействием и высокой точностью поддержания среднего значения регулируемой величины, не зависящей от характера и величины возмущающих факторов. Однако релейные системы, выполненные по классическому принципу, применяются очень редко для целей регулирования пускового тока тяговых электродвигателей из-за ряда присущих им недостатков. Первый недостаток обусловлен причинами технического характера и заключается в значительных пульсациях регулируемого тока при выполнении регуляторов на базе серийных элементов, обладающих инерционностью, запаздыванием и неоднозначностью статических характеристик. Второй недостаток обусловлен принципиальными свойствами релейных систем и проявляется в переменной частоте регулирования, которая определяется нелинейными параметрами системы и характером возмущающих факторов. Третий недостаток вытекает из второго и состоит в том, что в обычных релейных САР невозможно реализовать принцип многофазного регулирования.

Первый недостаток устраняется разработкой специальных элементов: быстродействующих датчиков тока, безгистерезисных высокочувствительных устройств сравнения и функциональных элементов с незначительным запаздыванием. Два последних недостатка не имеют существенного значения при питании тяговых электродвигателей от автономных источников и являются основным препятствием для применения релейного принципа регулирования в электроподвижных установках с питанием от контактной сети. В последнем случае переменная частота регулирования приводит к двум нежелательным последствиям: к воздействию на устройства рельсовой автоматики, настроенные на определенную частоту, и к трудностям фильтрации низких частот, имеющих место в конце процесса регулирования.

Идеальной была бы релейная САР тока тяговых двигателей, имеющая постоянную частоту переключений. Такая САР сочетала бы положительные свойства релейного и широтно-импульсного принципов регулирования, т. е. обладала бы высоким быстродействием и точностью регулирования, постоянной частотой переключений и позволяла бы применение принципа многофазного регулирования. Многофазное регулирование обеспечивает высокую частоту пульсаций тока сети и позволяет существенно снизить габариты входного фильтра.



Ниже рассматривается принцип построения релейной САР тока тягового двигателя, обеспечивающей постоянную частоту переключений при двухфазном регулировании. Особенностью такой САР является принудительное выключение с постоянной частотой регулирующего тиристорного ключа.

Частота выключения тиристорного ключа определяет частоту движений в системе и должна быть выбрана определенным образом: она

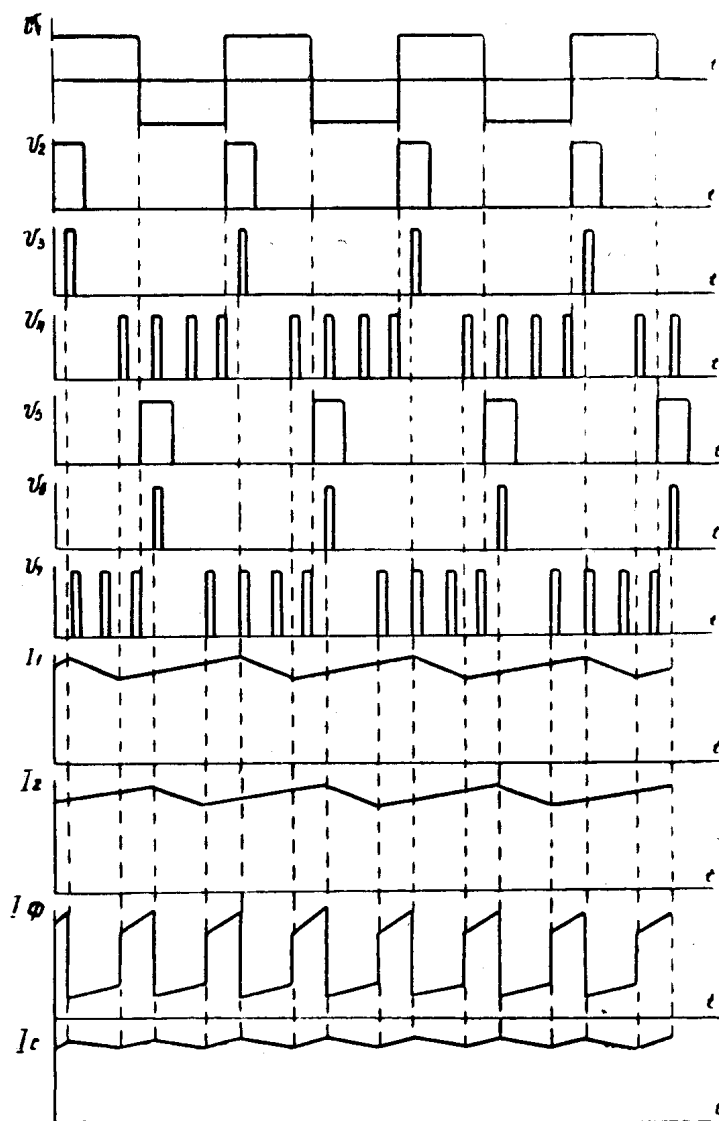


Рис. 2

должна быть не выше начальной возможной частоты регулирования для заданной уставки тока. При выборе частоты выключений вышеуказанного значения параметры САР не обеспечивают начальное движение в системе с такой частотой, и принцип работы будет нарушен.

Блок-схема системы приведена на рис. 1, а диаграммы, поясняющие ее работу, показаны на рис. 2. Ток якоря  $I_1$  преобразуется датчиком тока якоря ДТЯ в напряжение  $U_d$ , которое сравнивается схемой сравнения СС с напряжением уставки  $U_0$ . Если  $I_1$  меньше тока уставки, то СС генерирует импульсы напряжения  $U_k$ , которые через схему за-

преа СЗ усиливаются по мощности и увеличиваются по длительности блокинг-формирователем БФ.

Выходные импульсы напряжения  $U_4'$  блокинг-формирователя усиливаются усилителем мощности  $U_1$  и открывают тиристорный ключ ТК<sub>1</sub>. Ток якоря  $I_1$  увеличивается. Закрывание ТК<sub>1</sub> происходит принудительно и периодически следующим образом. Мультивибратор с магнитной связью МВ передним фронтом выходного напряжения  $U_1$  запускает формирователь блокировочных импульсов ФБИ, который по одному из своих выходов прямоугольным импульсом напряжения  $U_2$  воздействует на СЗ, запрещая на время действия импульса прохождение сигналов от СС, а по второму входу запускает формирователь задержанных импульсов ФЗИ. Последний формирует короткий импульс напряжения  $U_3'$ , расположенный во времени в центре импульса  $U_2$ . После усиления усилителем  $U_2$  импульсы напряжения  $U_3'$  подаются на тиристор гашения ТК<sub>1</sub>, вызывая уменьшение тока якоря.

Блокировочные импульсы  $U_2$  исключают одновременное появление или недопустимо близкое расположение отпирающих и запирающих импульсов, чем полностью исключаются срывы ТК<sub>1</sub>. Длительность блокировочных импульсов выбирается равной удвоенному времени перезаряда коммутирующего конденсатора ТК<sub>1</sub>.

Таким образом, в системе контролируются схемой сравнения только моменты включения ТК<sub>1</sub>, и в установившихся режимах система работает как широтно-импульсная, хотя в ней отсутствует широтно-импульсный модулятор. В переходных процессах относительная продолжительность включения  $\gamma$  может изменяться скачкообразно от нуля до некоторого значения  $\gamma_{\max}$ , которое определяется длительностью блокировочных импульсов  $U_2$  и может быть определена как

$$\gamma_{\max} = 1 - \frac{t_b}{2} f \cdot 10^{-6},$$

где

$t_b$  (мк сек) — длительность блокировочных импульсов;

$f$  (гц) — частота переключений.

Способность системы скачкообразно изменять  $\gamma$  в указанных пределах обеспечивает ей высокое быстродействие.

Аналогичным образом работает второй канал регулирования, но все процессы в нем сдвинуты на 180 эл. градусов.

На рис. 2 показаны также формы тока  $I_\phi$ , потребляемого двигателями от конденсатора входного фильтра, и тока  $I_c$ , потребляемого системой от сети.

Использование такой системы позволяет удвоить частоту пульсаций тока сети и существенно снизить габариты входного фильтра.