

4. Джофрион А., Дайер Дж., Файнберг А. Решение задач оптимизации при многих критериях на основе человеко-машинных процедур//Сб. ст.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений.—М.: Мир, 1976.—С. 126—145.
5. Емельяков С. В., Таричев О. И. Многокритериальные методы принятия решений.—М.: Знание, 1985.—С. 32.
6. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач.—М.: Наука, 1988.—с. 550.
7. Саати Т. Взаимодействие в иерархических системах//Изв. АН СССР. Техн. кибернетика—1979.—№ 1.—С. 68—84.

ЕрПИ

20. XI. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН). XLIV. № 4, 1991, с. 189—193.

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.314.24:621.337.1

А. К. КАРАПЕТЯН

### ОСОБЕННОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ШИМ В ЗАМКНУТОМ ПРИВОДЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Приведен сравнительный анализ видов широтно-импульсной модуляции, применяемых в замкнутых электроприводах постоянного тока. Предлагается способ широтно-импульсной модуляции третьего рода, позволяющий при использовании в быстродействующем тиристорном электроприводе постоянного тока улучшить его динамические показатели.

Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

*Քերպում է համադրուած հոսանքի փակ շարժարկներում պատշաճորէն լայնութեան ին-  
տուլցիան մոլտըլացիայի (ՄՄ) տարատեսակների համեմատական վերլուծութիւնը: Առա-  
ջարկվում է կրտորդ տեսակի (ՔՄ-ի մի նոր եղանակ, որը, կիրառվելով համադրուած հոսանքի  
արագընթաց տիրիստորային էլեկտրաշարժարկում, հնարավորութիւն է տալիս բարելավել  
երա ցուցանիշները:*

В ряде случаев к тиристорным электроприводам постоянного тока предъявляются жесткие требования по помехоустойчивости при условии сохранения высокого быстродействия системы регулирования. Для удовлетворения этого требования часто используются различные виды широтно-импульсной модуляции (ШИМ), обеспечивающие выделение полезной составляющей сигнала управления широтно-импульсного преобразователя без введения инерционных звеньев в канал управления. Необходимость ее выделения связана также с тем, что при широтно-импульсном регулировании в определенных значениях коэффициента заполнения преобразователя  $\lambda$  в замкнутой системе могут возникать автоколебания, что, в свою очередь, может привести к неработоспособности привода. Пульсации сигнала управления при этом могут быть также рассмотрены как периодические помехи. Появление автоколебаний связано в любом случае с повышенном требовании по быстродействию, которое достигается за счет

увеличения частоты среза системы регулирования. Использование фильтров нижних частот для подавления пульсаций на входе преобразователя снижает быстродействие системы в случае применения аperiodических звеньев и ухудшает качество переходного процесса при введении в канал управления фильтров высокого порядка со специальными видами амплитудно-частотных характеристик. Применение различных видов ШИМ позволяет частично решить эту задачу за счет малой величины временной задержки, не превышающей периода модуляции. Положительный результат при автоколебаниях дает также увеличение инерционности объекта регулирования с помощью дополнительных индуктивных элементов в цепи двигателя, однако это приводит к нежелательному увеличению массо-габаритных и стоимостных показателей электрооборудования.

Широтно-импульсную модуляцию, используемую в тиристорных приводах, можно разделить на следующие виды [1]: широтно-импульсную модуляцию первого рода—ШИМ-1 (рис. 1), при которой импульсы напряжения  $u(t)$  модулируются в результате непосредственного сравнения сигнала управления  $x(t)$  с опорным пилообразным сигналом  $x_{оп}(t)$ ; ШИМ 2-го рода (ШИМ-2), когда ширина импульсов определяется абсолютным значением сигнала  $x(t)$  в соответствующие тактовые моменты времени, и ШИМ 3-го рода (ШИМ-3), при которой ширина импульсов напряжения определяется значениями  $x(t)$  в моменты времени, соответствующие серединам полученных импульсов.

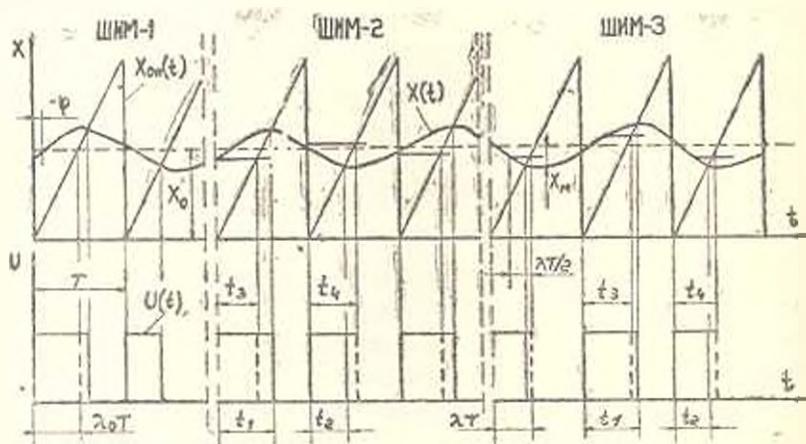


Рис. 1

Сущность применения ШИМ-2 и ШИМ-3 заключается в том, что производится выборка и запоминание сигнала управления  $x(t)$  в промежутках между моментами его сравнения с  $x_{оп}(t)$ , в результате чего вносимая задержка сигнала равна величине времени от точки выборки до момента ее сравнения с опорным сигналом. Помехоустойчивость повышается за счет того, что сравнение происходит только с выбранными значениями сигнала управления и коммутация преоб-

разователя в эти моменты времени не оказывает влияния на процесс модуляции. При автоколебаниях выборки, произведенные в промежутках между моментами сравнения опорного сигнала с сигналом  $x(t)$  при определенной фазе последнего, находятся ближе к среднему значению периодического сигнала управления (рис. 1), нежели точки его сравнения с  $x_{\text{оп}}(t)$ , что равнозначно частичному выделению полезной составляющей  $X_0$ . В этом случае, при нарастании сигнала  $x(t)$  местоположение точки выборки соответствует уменьшению длительности импульса напряжения (рис. 1), а при спадании — ее увеличению, что эквивалентно наличию в преобразователе отрицательной обратной связи, осуществляющей фильтрацию сигнала  $v(t)$ .

Эффект фильтрации при использовании ШИМ-2 и ШИМ-3 виден из рис. 1, где сплошной линией показаны импульсы  $v(t)$  при ШИМ-1, а пунктирной — при ШИМ-2 и ШИМ-3. Нетрудно убедиться, что вносимая задержка  $\tau$  при ШИМ-2 будет определяться выражением  $\tau = \lambda_0 T$ , а при ШИМ-3 —  $\tau = 0,5 \lambda_0 T$ . Здесь  $\lambda_0$  — заданное значение коэффициента заполнения, определяемое величиной  $X_0$  (в относительных единицах измерения амплитуда  $X_{\text{оп}}(t) = 1$  и  $\bar{X}_0 = \lambda_0$ ). Следует заметить, что при реализации быстрого действия влияние величины задержки на устойчивость системы к автоколебаниям более существенно, нежели показатели фильтрации ШИМ.

Фильтрующие показатели оцениваются с помощью коэффициента фильтрации [2], который определяется следующим образом. Допустим, имеет место автоколебательный процесс на частоте  $f_{\text{рег}}/2$ , показанный на рис. 1, где  $f_{\text{рег}} = 1/T$ . Изменение коэффициентов заполнения за период колебания сигнала  $x(t)$  определяется выражениями

$$\Delta_{12} = |\lambda_1 - \lambda_2|, \quad \Delta_{34} = |\lambda_3 - \lambda_4|, \quad \text{где } \lambda_k = t_k/T \quad (k = 1, 2, 3, 4)$$

Коэффициент фильтрации:  $K_\Phi = \Delta_{12} \Delta_{34}$ . При колебаниях на более низких частотах величины  $\Delta$  будут определяться разностью максимального и минимального значений  $\lambda$  за один период колебания сигнала управления.

На рис. 2 приведены зависимости  $K_\Phi$  в функции фазы сигнала  $x(t) = e$ , рассчитанные при конкретных значениях  $\bar{X}_u = 0,25$  и  $\bar{X}_0 = 0,5$  по методике, изложенной в [2]. Кривая 1 представляет зависимость  $K_\Phi$  при автоколебаниях на частоте  $f_{\text{рег}}/2$  в случае применения ШИМ-2, а кривая 2 — при использовании ШИМ-3. Значение  $\tau = 0$  соответствует пропорциональному регулятору. Как видно из рис. 2, в этом случае значения  $K_\Phi$ , представленные кривой 1, намного превосходят значения  $K_\Phi$  зависимости 2. Однако с увеличением  $\tau$  зависимость  $K_\Phi$  (кривая 1) падает, и то время как значения, представленные кривой 2, увеличиваются. Кроме того, при использовании ШИМ-3 величина  $\tau$  в два раза меньше по сравнению с ШИМ-2, что позволяет при сохранении устойчивости к автоколебаниям получить большее значение контурного коэффициента усиления системы.

Помимо описанных выше видов ШИМ может быть рекомендована к использованию в приложениях постоянного тока широтно-импульсная модуляция, отличающаяся от ШИМ-3 тем, что выборка и запоминание сигнала  $x(t)$  производится в момент времени, соответствующий середине импульса  $u(t)$  в предыдущий период регулирования. В сравнении с ШИМ-3, например, при линейно изменяющемся сигнале управления, глубина фильтрации напряжения  $u(t)$  имеет большее значение при нарастающем сигнале  $x(t)$  и меньшее—при спадающем.

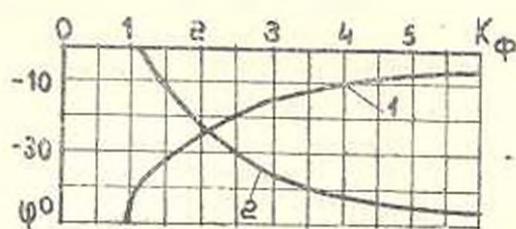


Рис. 2.

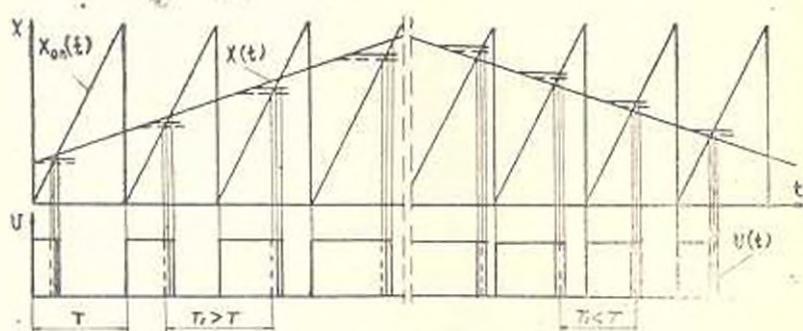


Рис. 3.

Сказанное иллюстрируется рис. 3, где сплошной линией показаны импульсы напряжения при ШИМ-3 и ШИМ-1, а пунктирной—при выборке сигнала  $x(t)$  по предложенному методу. Преимущество такой разновидности ШИМ-3 проявляется при внешних возмущениях в приводе, например, со стороны нагрузки. При этом, в случае резкого возрастания тока якоря двигателя значение  $X_0$  сигнала управления падает и уменьшение средней величины напряжения  $u(t)$  происходит с большей скоростью, нежели при ШИМ-3. Причем, чем больше скорость изменения сигнала управления, тем глубже фильтрация при нарастании  $x(t)$  и меньше—при его понижении. Увеличение глубины фильтрации при нарастании сигнала управления способствует уменьшению перерегулирования тока в переходном процессе. Расчеты, проведенные по [2] для этого случая, показали, что зависимость  $K_{\phi}$  совпадает с кривой 2 (рис. 2) независимо от значений  $\bar{X}_m$  и  $\bar{X}_0$ , что свидетельствует о преимуществе этого вида модуляции в сравнении с ШИМ-3.

Описанная разновидность ШИМ-3 была реализована в замкнутом тяговом электроприводе постоянного тока с двигателями типа ДК-263А общей мощностью 160 кВт при  $f_{\text{выг}} = 400$  Гц ( $T = 0,0025$  с) и  $f_1 = 100$  кГц.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Слепов Н. Н., Драздов Б. В. Широтно-импульсная модуляция.—М.: Энергия, 1978.—192 с.
2. Косыкин О. А., Карачетян А. К. Анализ способа синхронной фильтрации управляющего сигнала в тяговых электроприводах с ИСУ/Автоматизация систем тягового привода и электроснабжения: Сб науч. трудов № 238.—М.: Моск. энерг. ин-т, 1990.—С. 38—44.

АрмНИИМАШ

20 IX 1990

Изв АН Армении (сер. ТН), г. XLIV, № 4, 191, с. 193—200.

#### НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 528.5

К. С. ГЮНАШЯН, Е. А. АЙРАЧЕТЯН, В. А. МАРКАРЯН

### ОТРАЖАТЕЛЬ ДЛЯ СВЕТОДАЛЬНОМЕРА ДВСД-1200

Рассматриваются особенности работы плоского зеркала, трипельпризмы или угольчатого отражателя и зеркально-линзового отражателей, предназначенных и качестве отражателя для высокоточного светодальномера ДВСД-1200. Приведены результаты измерений.

Ил. 5. Библиогр.: 4 назв.

*Պատրվում են գերաբար հշտովյալն ДВСД-1200 լուսանկալիչի համար նախատեսված հարմար հայելու, անկյունային տեղադրանքի և հարկա-սուղկախյալին անդրադարձիչ աշխատանքի ասանձնահատկությունները: Բերվում են փորձնական չափումների արդյունքները:*

На отражатель высокоточного светодальномера, предназначенный для работы на коротких линиях длиной 100...300 м, устанавливаются следующие основные требования: максимальная отражательная способность при минимальных размерах; сохранение равномерной освещенности приемной зоны светодальномера при различных флуктуациях атмосферы и перепадах температуры; сохранение поляризации немодулированного и фазы модулированного света; концентрация интенсивности приемного луча. Для светодальномера без приемно-передающей оптики, каким является ДВСД-1200 [1], большинство указанных требований выполнимы известными отражателями как фокусирующее зеркало, трипельпризмы и зеркально-линзовые системы.

Работу этих отражателей следует рассмотреть для модулированного и немодулированного света, т. к. деполаризация в обоих случаях