

Оптимальное по использованию дизеля по мощности положение характеристики генератора означает достижение минимума выражением (10). В изложенной методике параметром, влияющим на величину  $\Delta A_{\text{ц}}$ , является параметр  $b_1$  в уравнении (2). Таким образом, задача указанной оптимизации состоит в нахождении такого  $b_{1\text{опт}}$ , при котором  $\Delta A_{\text{ц}}$  имеет минимум. Решение этой задачи производится в следующей последовательности. 1. Рассчитывают и строят кривую (1) и проводят характеристики а и б генератора. 2. Находят коэффициенты уравнения (2) для характеристик а и б. 3. Находят коэффициенты полинома, аппроксимирующего скоростную характеристику дизеля. 4. Определяют токовую нагрузочную диаграмму тягового генератора за цикл работы на предельной характеристике. 5. Устанавливают значения коэффициента  $b_1$  (т.е. положения характеристики в), для которых будет рассматриваться выражение (10). 6. При каждом значении  $b_1$  решают уравнение (5) относительно  $\omega$  для значений токов нагрузочной диаграммы, соответствующих перегрузке дизеля при данном  $b_1$ . 7. Вычисляют выражение (6), находя величины напряжения генератора в рассматриваемых режимах. 8. Для каждого значения  $b_1$  вычисляют (10), находя  $\Delta A_{\text{ц}}$ . 9. Строят кривую  $\Delta A_{\text{ц}} = f(b_1)$  и находят по ней оптимальное значение коэффициента  $b_{1\text{опт}}$ .

Вычисления по пп. 6, 7, 8 целесообразно производить на ЭВМ.

Изложенная методика оптимизации внешней характеристики автономного тягового генератора может быть применена в своей основе и для оптимизации нелинейной характеристики генератора.

В.В. Кривцов, Н.Н. Михеев, Е.П. Раткевич

## РЕВЕРСИВНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА

В статье рассматривается тиристорный электропривод постоянного тока, обеспечивающий независимое реверсивное управление и регулирование скорости вращения нескольких электро-

двигателей малой и средней мощности [1]. Электропривод (рис. 1) состоит из двух преобразователей и  $N$  электродвигателей. Каждый из преобразователей представляет собой регулируемый (базовый) выпрямитель (Вп1, Вп2) и дополнительные управляемые вентили, включенные в виде  $N$  параллельных цепей. Выпрямители работают с фиксированным углом регу-

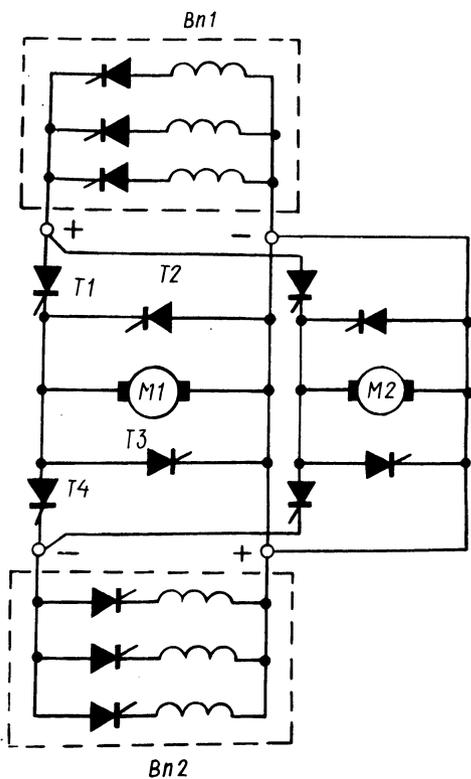


Рис. 1.

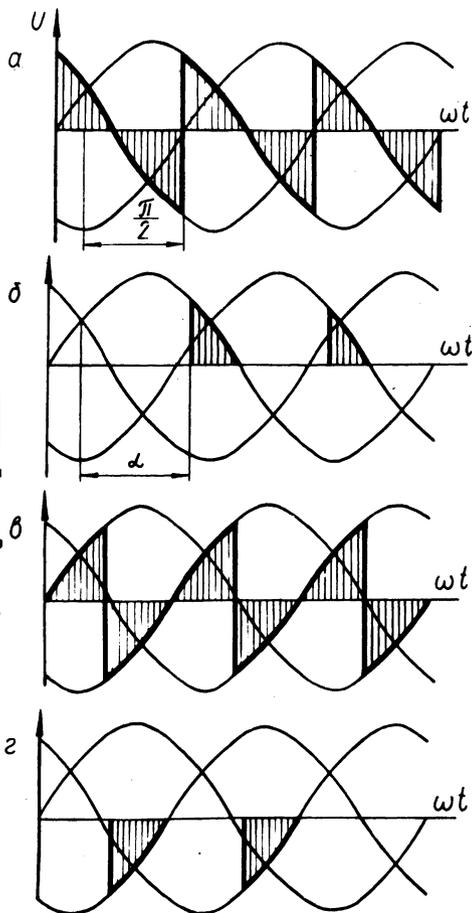


Рис. 2.

лирования, приблизительно равным 90 эл. град., что обеспечивает равенство положительных и отрицательных площадок кривых выпрямленного напряжения (рис. 2, а, в). Преобразователи включены встречно-параллельно на якорные обмотки двигателей, управление преобразователями раздельное.

Напряжение, прикладываемое к двигателю, зависит от угла регулирования отдельных вентилях Т1, Т4. Шунтирующие вентили Т2, Т3 срезают отрицательные площадки кривых выходного напряжения регулируемых выпрямителей Вп1, Вп2. Линейные диаграммы напряжений, приложенных к двигателю при вращении его "вперед" и "назад", приведены на рис. 2, б, г.

Реверсирование двигателя осуществляется за счет изменения углов регулирования отдельных и шунтирующих вентилях. Необходимый закон переключения отдельных и шунтирующих вентилях реализуется логическим переключающим устройством (ЛПУ), работающим в функции знака напряжения управления  $U_y = U_3 - U_{oc}$  и сигнала наличия тока якоря или в функции знака сигнала управления и сигнала, синхронизирующего ЛПУ с кривыми выпрямленного напряжения базовых выпрямителей ( $U_3$  - задающее напряжение,  $U_{oc}$  - напряжение обратной связи).

Выходные сигналы ЛПУ и генератора импульсов подаются на системы импульсно-фазового управления (СИФУ) отдельными и шунтирующими вентилями.

На рис. 3 приведена функциональная схема системы управления отдельными вентилями, построенная по асинхронному принципу [2], что обеспечивает симметрию выходных импульсов, астатизм по отношению к скорости, помехозащищенность и дает возможность реализовать систему управления на серийно выпускаемых функциональных и логических элементах.

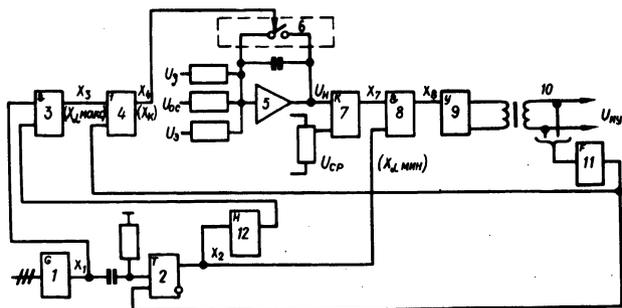


Рис. 3.

Система импульсно-фазового управления состоит из генератора импульсов 1, триггера 2, логических элементов "И" - 3, 8, логического элемента "ИЛИ" - 4, интегратора 5, ключа сброса интегратора 6, нуля-органа 7, усилителя импульсов 9, импульсного трансформатора 10, формирователя 11 и задержки времени 12.

На входы интегратора подаются напряжения задания  $U_3$ , обратной связи  $U_{o.c}$  и эталонное напряжение  $U_э$ , которое служит для создания выходного сигнала в установившемся режиме с интервалом

$$\lambda = \frac{2\pi}{m},$$

где  $\lambda$  - период выпрямленного напряжения;  $m$  - число импульсов схемы.

На входы нуля-органа 7 подаются напряжения с выхода интегратора  $U_{и}$  и сравнения  $U_{ср}$ , которые связаны между собой соотношением

$$U_{и} = U_{ср} \frac{T_{и} \omega}{\lambda},$$

где  $T_{и}$  - постоянная времени интегрирования;  $\omega$  - круговая частота следования импульсов,  $\omega = 2\pi m f$ . Здесь  $f$  - частота сети.

Условие выдачи импульса

$$U_{и} = \frac{1}{T_{и} \omega} \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \lambda + \Delta\alpha} (U_3 - U_{o.c} + U_э) d\omega t = U_{ср},$$

где  $\alpha_1$  - угол регулирования;  $\Delta\alpha$  - приращение угла регулирования, вызванное изменением напряжения управления.

Тогда

$$\Delta\alpha = \frac{1}{U_э} \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \lambda + \Delta\alpha} (U_3 - U_{o.c}) d\omega t.$$

Элементы схемы 1, 2, 3 обеспечивают ограничение максимального угла регулирования преобразователя, а элементы 1, 2, 8 - минимального. Элемент 11 формирует из импульса управления сигнал фиксированной длительности; задержка времени 12 служит для исключения ложного срабатывания элемента 3 при совпадении заднего фронта импульсов генератора 1 с передним фронтом выходных импульсов триггера 2.

Работа схемы иллюстрируется диаграммами, приведенными на рис. 4, где  $U_б$  - напряжение регулируемого (базового) выпрямителя;  $U_{дв}$  - напряжение, прикладываемое к двигателю;  $X$  - выходные сигналы элементов схемы.

Пусть в момент времени  $\omega t_1$  с генератора импульсов 1 поступит сигнал  $X_1$ , переключающий триггер 2. Выходной сигнал триггера  $X_2$  подается на элементы 3 и 8. Как только напряжение на выходе интегратора  $U_{и}$  достигнет порогового

напряжения нуль-органа 7, на его выходе появится импульс  $X_7$ , который через элементы 8, 9 и 10 поступит на управляющий электрод отдельного вентиля. Одновременно импульс  $X_{11}$  сбросит триггер и подаст команду  $X_4(X_K)$  на кратковременное замыкание ключа 6; напряжение на выходе интегратора становится равным нулю и напряжение  $U_{CP}$  запирает нуль-орган. По окончании сигнала  $X_4$  ключ 6 размыкается и опять начинается интегрирование сигнала. Импульс  $X_1$  взводит триггер и процесс повторяется аналогично рассмотренному.

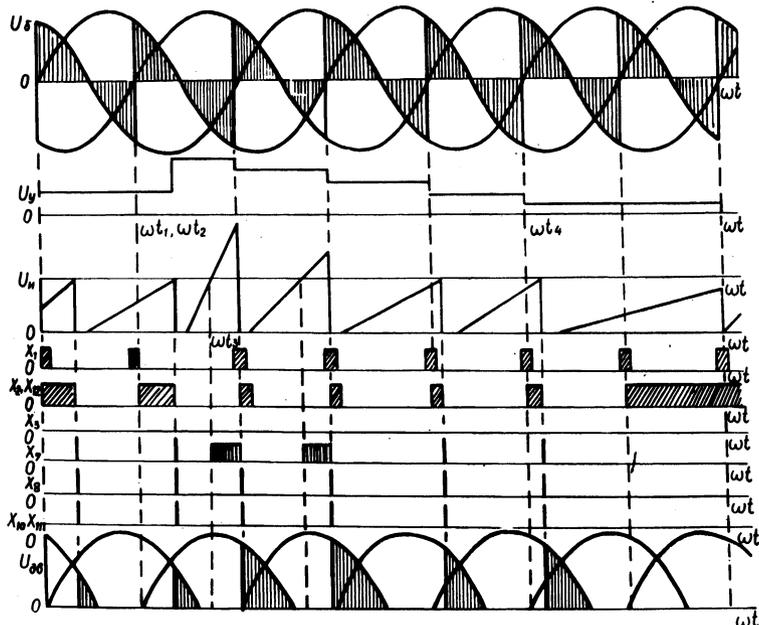


Рис. 4.

Если в момент времени  $\omega t_2$  произойдет увеличение напряжения управления, то это приведет к более быстрому увеличению напряжения  $U_u$  и в момент времени  $\omega t_3$  начнет генерировать импульсы нуль-органа. Однако импульс на управляющий электрод вентиля поступит только после следующего импульса  $X_1$ , тем самым ограничивается минимальное значение угла регулирования.

Пусть в момент времени  $\omega t_4$  уменьшится результирующий входной сигнал интегратора. Очередной импульс  $X_1$  взведет триггер и появятся сигналы  $X_2$  и  $X_{12}$ . Следующий импульс  $X_1$

пройдет через элементы 3 и 4 и кратковременно замкнет ключ 6, сбрасывая напряжение  $U$ . Пропуски зажигания вентилей будут до тех пор, пока напряжение интегратора  $U$  не станет равным  $U_{\text{ср}}$  до появления очередного импульса  $X_1$ , тем самым ограничивается максимальное значение угла регулирования.

Работа СИФУ описывается следующими уравнениями:

$$X_{\alpha_{\text{макс}}} = X_1 S(A X_1; X_{10}) ;$$

$$X_{\alpha_{\text{мин}}} = S(A X_1; X_{10}) ;$$

$$X_K = X_4 = X_{10} + X_{\alpha_{\text{макс}}} ,$$

где  $X_{\alpha_{\text{макс}}}$  - сигнал на ограничение максимального угла регулирования;  $X_{\alpha_{\text{мин}}}$  - сигнал, разрешающий выдачу импульса управления ( $X_{10}$ ) по условию ограничения минимального угла регулирования;  $S$  - оператор "Состояние";  $A$  - оператор "После".

Рассматриваемый реверсивный электропривод рекомендуется применять в промышленных установках, где требуется независимое реверсирование и регулирование скоростей вращения или принудительное торможение нескольких электродвигателей малой мощности, а также для независимого управления электродвигателями нескольких промышленных установок, объединенных территориально.

### Л и т е р а т у р а

1. Михеев Н.Н., Кривцов В.В., Раткевич Е.П. Вентильный многодвигательный электропривод. Авт.свид.№485534. - "Бюл.изобр.", 1975, № 35.
2. Системы управления тиристорными и ионными электроприводами. Сост. Л.П. Деткин. М., 1971.