

явится импульс напряжения. Для уменьшения мощности усилителя в схему введена дифференцирующая цепочка  $C_2$ ,  $R_9$ , применение которой позволило формировать импульсы напряжения длительностью порядка 5 мкс. С выхода усилителя мощности (транзистор Т4) импульсы напряжения через импульсный трансформатор (ИТ) Тр2 подаются на управляющие электроды тиристоров Д6, Д7. ИТ имеет дополнительную вторичную обмотку, которая закорачивается схемой электронной защиты при перегрузках и коротких замыканиях, и таким образом снижаются управляющие импульсы с тиристоров.

Обе схемы формирователей получили практическое применение.

### Л и т е р а т у р а

1. Куцыло В.К. Тиристорные стабилизаторы переменного и постоянного напряжения. -- В сб.: Современные задачи преобразовательной техники. Вып. 3. Киев, 1975. 2. Куцыло В.К. Стабилизированный источник напряжения. -- "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1967, № 12. 3. Куцыло В.К., Пекарчик А.С. Схема формирования импульсов для управления тиристорами стабилизатора. -- "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1975, № 12.

Л.С. Писарик

### К РАСЧЕТУ СТАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ТЯГОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Одним из критериев оценки тягового дизель-электрического привода является статическая точность стабилизации генераторной нагрузки дизельного двигателя при работе его на предельной характеристике. В статье излагается методика определения статической ошибки стабилизации мощности дизель-генератора с системой регулирования, применяемой на большегрузных автомобилях.

Блочно-функциональная схема САР тягового электропривода большегрузного автомобиля дана на рис. 1. Дизель (Д) приводит в движение тяговый генератор (Г) с возбудителем (В) и вспомогательный генератор (ГВ). От Г питаются тяговые двигатели ТД. Обмотка возбуждения возбудителя является наг-

рузкой магнитного усилителя МУ, получающего питание  $U_{МУ}$  от ГВ. Источником тока возбуждения  $i_B$  ГВ служит аккумуляторная батарея АБ. Управляющие обмотки МУ подключены: одна — к блоку формирования БФ задающего сигнала, вторая — к селективному узлу СУ. М.д.с. токов  $i_3$  и  $i_{cy}$  в МУ действуют встречно. На входы СУ подаются сигналы обратной связи по току  $I$  и напряжению  $U$  генератора Г.

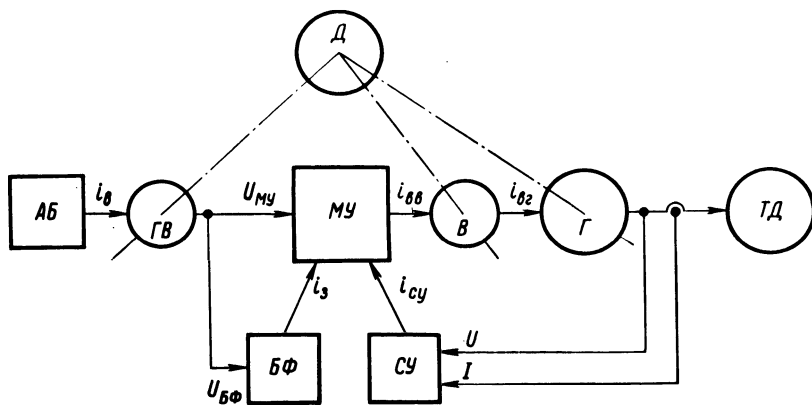


Рис. 1. Функциональная схема САР тягового электропривода большегрузного автомобиля:  $i_B, i_{BB}, i_{BG}$  — токи возбуждения генераторов ГВ, В, Г;  $i_3$  — ток задания;  $i_{cy}$  — ток выхода СУ.

Селективный узел является основой ряда систем регулирования, применяемых в тяговом электроприводе [1]. САР с СУ обеспечивает генератору линейную внешнюю характеристику ограничения мощности с отсечками по току и напряжению. Не соответствие линейной характеристики гиперболической характеристике постоянства мощности приводит к снижению скорости дизеля  $\omega$  и уменьшению развиваемой им мощности.

Внешняя характеристика генератора в системе на участке стабилизации мощности описывается выражением

$$U = kI + bi_3, \quad (1)$$

где  $k$  и  $b$  — постоянные коэффициенты.

Задающий ток  $i_3$  определяется БФ и является функцией  $\omega$

$$i_3 = i_{3H} \left( \frac{\omega}{\omega_H} \right)^\delta, \quad (2)$$

Если показатель  $\gamma$  -- целое число, то использование в расчете параболической зависимости (2) может привести к цели; при  $\gamma \neq \text{ц.ч.}$  кривую (2) следует аппроксимировать прямой, проходящей через ее точки с абсциссами  $\omega = \omega_{\text{H}}$  и  $\omega = 0,85 \omega_{\text{H}}$ , что дает

$$U = kI + bi_{\text{ЭН}} \left[ \frac{1}{0,15} (1 - 0,85^\gamma) \frac{\omega}{\omega_{\text{H}}} + \frac{1}{0,15} (0,85^\gamma - 1) + 1 \right]. \quad (3)$$

Первичная мощность генератора  $P_1$  определяется с учетом его к.п.д.  $\eta$

$$P_1 = \frac{UI}{\eta}. \quad (4)$$

В случае тягового синхронного генератора  $\eta$  отражает и потери в выпрямителе. Нахождение  $\min P_1$  представляет собой задачу минимизации функции двух переменных ( $I, \omega$ ) при ограничении, определяемом уравнением связи мощностей генератора и дизеля. Мощность дизеля  $P_{\text{диз}}$  выражается в функции  $\omega$  как

$$P_{\text{диз}} = p \omega^3 + q \omega^2 + r \omega, \quad (5)$$

где  $p, q, r$  -- коэффициенты квадратичного полинома, аппроксимирующего механическую характеристику дизельного двигателя, заданную обычно графически.

Значения переменных  $I$  и  $\omega$  в точке максимальной статической ошибки стабилизации мощности определяются следующим образом: из условия  $\frac{\partial P_1}{\partial I} = 0$  находим  $I = f(\omega)$  и, приравняв (4) и (5) (случай дизеля, имеющего только тяговую генераторную нагрузку), подставляем в это равенство полученное  $I = f(\omega)$ . Полученное уравнение с одним неизвестным  $\omega$  позволяет найти величину минимальной скорости дизеля в рассматриваемой системе и затем другие величины в экстремальной точке. Определим параметры точки минимальной мощности дизель-генератора 8ЧН 21/21-Г ПА-500, САР с СУ которого обеспечивает характеристики, определяемые следующими параметрами:  $k = -0,445 \text{ В/А}$ ;  $bi_{\text{ЭН}} = 1074 \text{ В}$ ;  $\gamma =$

$= 1,7$ . Коэффициенты  $p = -0,0785 \text{ Втс}^{-3}$ ,  $q = 7,06 \text{ Втс}^2$ ,  $r = 4350 \text{ Втс}$ ;  $\omega = 157 \text{ 1/с}$ . Коэффициенты граничных точек участка стабилизации мощности внешней характеристики генератора:  $U_{\text{макс}} = 800 \text{ В}$ ,  $I_{\text{мин}} = 620 \text{ А}$ ;  $I_{\text{макс}} = 1800 \text{ А}$ ,  $U_{\text{мин}} = 275 \text{ В}$ . К.п.д. генератора (среднее значение в режиме постоянной мощности)  $\eta = 0,9$ .

По (4) и (3) мощность генератора

$$P_1 = -0,494 I^2 + 1193 I \left(1,606 \frac{\omega}{157} - 0,606\right). \quad (6)$$

Из условия  $\frac{\partial P_1}{\partial I} = 0$  получим

$$I = 12,343 \omega - 731,2. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6) и приравнявая (5) и (6), получаем

$$0,0785 \omega^3 + 68,31 \omega^2 - 13\,279,8 \omega + 264\,508,1 = 0,$$

откуда  $\omega_{\text{мин}} = 143,75 \text{ рад/с}$ . Затем по (5)

$$P_{\text{диз.мин}} = 538000 \text{ Вт.}$$

Максимальная статическая ошибка стабилизации мощности в системе равна

$$\Delta = \frac{P_{\text{диз.ном}} - P_{\text{диз.мин}}}{P_{\text{диз.ном}}} 100 = \frac{552 - 538}{552} 100 = 2,54\%.$$

Изложенная методика в своей основе может быть применена и при других системах регулирования мощности тяговых дизель-генераторов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Степанов А.Д. Автоматическое регулирование мощности в тепловозах и газотурбовозах. М., 1964.