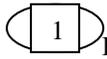


## Лекция 6

### 1. Особенности работы и регулирования синхронных генераторов.



В передаче мощности переменного-постоянного тока тяговый синхронный генератор и тяговая выпрямительная установка позволяют получить напряжение, которое подводится к тяговым электродвигателям постоянного тока. Выпрямленное напряжение  $U_d$  имеет, кроме постоянной составляющей, спектр высших гармонических, частота и амплитуда которых определяются свойствами этой системы. Пульсации выходного тока неблагоприятно сказываются на коммутации тяговых электродвигателей и на КПД передачи мощности, поэтому целесообразно, насколько это возможно, уменьшать их амплитуду и увеличивать частоту.

Одной из наиболее рациональных схем выпрямления тока является трехфазная мостовая схема,

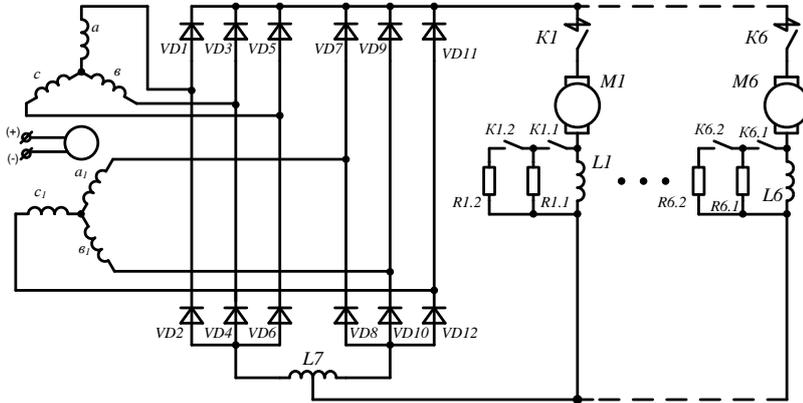


Рис. 6.1

обеспечивающая относительно малую амплитуду пульсаций  $U_d$  и высокую их частоту. На тепловозах ТЭ109 дважды была применена трехфазная мостовая схема выпрямления с уравнивающим реактором  $L7$  (рис. 6.1), где в цепи тяговых электродвигателей протекают лишь 12, 24 и т. д. гармонические составляющие тока, а 16, 18 и т. д. замыкаются во внутреннем контуре ВУ. Двухмостовая схема ВУ (преобразователя) с реактором позволяет также снизить амплитуду пульсаций  $U_d$  и повысить их частоту по сравнению с частотой при обычной однофазной трехфазной схеме. Однако

эта схема сложна и требует установки дополнительного оборудования.

Исследования и опыт эксплуатации тепловозов ТЭ109 показали возможность упрощения системы выпрямления тока тягового синхронного генератора за счет отказа от применения громоздкого реактора при сохранении коммутации тяговых электродвигателей на допустимом уровне. Поэтому на тепловозах 2ТЭ116 применена дважды трехфазная мостовая схема системы выпрямления тока без  $L7$ . Мосты на стороне выпрямленного тока соединяются между собой параллельно, в то время как каждый из них получает питание от соответствующих статорных обмоток тягового генератора, сдвинутых друг относительно друга на  $30^\circ$  эл.

Дальнейшее совершенствование систем регулирования напряжения тяговых генераторов стало возможным в результате развития полупроводниковой техники, внедрения транзисторных и тиристорных преобразователей и усилителей. Это позволило на тепловозах с электропередачей мощности переменного-постоянного тока применить более современную систему регулирования напряжения тягового генератора, содержащую вместо магнитного усилителя и возбудителя постоянного тока возбудитель переменного тока и тиристорный усилитель, питающий обмотку возбуждения тягового генератора. Но так как требуемые характеристики  $U_c(I_c, n_d)$  должны быть теми же самыми и при новой системе регулирования напряжения генератора, то естественно, что она тоже является комбинированной и построена на основе принципов регулирования по отклонению и по возмущениям и содержит четыре регулятора напряжения тягового генератора:

- по отклонению напряжения от заданного значения;
- по току тягового генератора (или электродвигателей);
- по частоте вращения вала дизель-генератора;

- положению органа топливоподачи дизеля.

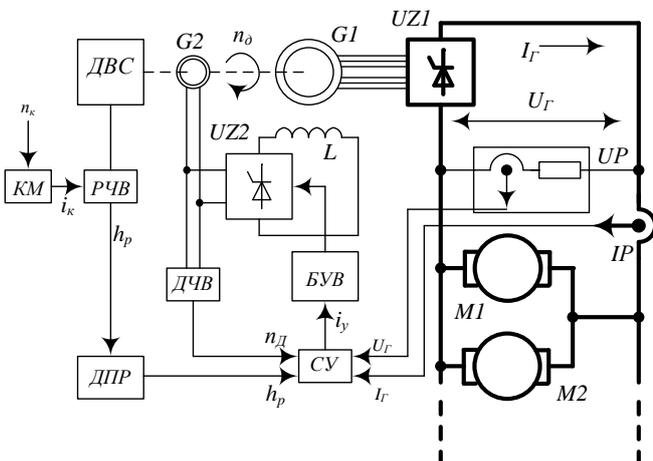


Рис. 6.2

Тяговый генератор, приводимый во вращение двигателем внутреннего сгорания (ДВС), вместе с регулятором напряжения по отклонению образуют замкнутую систему регулирования напряжения. Функции регулятора напряжения по отклонению выполняют (рис. 6.2) датчик напряжения  $UP$ , селективное устройство  $CV$ , блок управления тиристорным выпрямителем  $БУВ$  и управляемый выпрямитель тока возбуждения  $UZ2$ , получающий питание от генератора-возбудителя переменного тока  $G2$  и питающий постоянным током обмотку возбуждения  $L$  тягового генератора  $G1$ .

Генератор вместе с регулятором его напряжения по току образуют разомкнутую систему регулирования напряжения. Функции регулятора

напряжения генератора по току выполняют датчик тока, селективное устройство *СУ*, блок *БУВ* и выпрямитель *UZ2*.

Генератор вместе с регулятором его напряжения по частоте вращения вала дизель-генератора образуют разомкнутую систему регулирования напряжения. Функции регулятора напряжения тягового генератора по частоте вращения вала дизель-генератора выполняют возбудитель *G2*, датчик частоты вращения *ДЧВ*, селективное устройство *СУ* и выпрямитель *УВВ*.

Тяговый генератор вместе с регулятором его напряжения по положению органа подачи топлива в дизель (перемещению реек *h<sub>p</sub>* топливных насосов) образуют разомкнутую систему регулирования напряжения. Функции регулятора напряжения тягового генератора по положению органа подачи топлива в дизель выполняют индуктивный датчик положения реек *ДПР*, сердечник которого кинематически связан с регулятором частоты вращения вала дизель-генератора *РЧВ*, селективное устройство *СУ*, блок *БУВ* и выпрямитель *UZ2*.

Выходные сигналы с датчиков напряжения *UP* и тока *IP*, блока *ДЧВ* и датчика перемещения реек *ДПР* суммируются и сравниваются в селективном устройстве *СУ*. В результате выходной сигнал *СУ* *i<sub>y</sub>*, подаваемый в блок *БУВ*, пропорционален отклонению напряжения тягового генератора от заданного значения, току тяговых электродвигателей, частоте вращения вала дизель-генератора и положению органа топливоподачи дизеля.

Характеристика *U<sub>c</sub>(I<sub>2</sub>)* при отключенном регуляторе напряжения по положению органа подачи топлива (селективная) более близка к гиперболе, что уменьшает требуемый диапазон изменения выходного сигнала названного регулятора.

Зависимость тока возбуждения тягового генератора в функции тока управления приведена на рис. 6.3.

Селективное устройство обеспечивает необходимую последовательность включения каналов (т. е. включения в работу соответствующих регуляторов напряжения тягового генератора).

Характеристика *U<sub>c</sub>(I<sub>2</sub>)* при отключенном регуляторе напряжения по

положению органа топливоподачи состоит из трех участков (рис. 6.4): линия *AB* – характеристика системы регулирования напряжения по току *I<sub>2</sub>* и частоте *n<sub>d</sub>*; линия *BM<sub>1</sub>MM<sub>2</sub>C* – характеристика комбинированной системы регулирования по отклонению напряжения *U<sub>2</sub>*, тока *I<sub>2</sub>* и частоты *n<sub>d</sub>*; линия *CD* – характеристика системы регулирования по отклонению напряжения *U<sub>2</sub>* и частоты *n<sub>d</sub>*. Эта часть характеристики имеет две особенности: регулятор напряжения по частоте *n<sub>d</sub>* при больших *n<sub>d</sub>* не изменяет напряжение, в результате ток *I<sub>2</sub>* также почти не зависит от частоты *n<sub>d</sub>*. Характеристика на *BM<sub>1</sub>MM<sub>2</sub>C* является ломаной линией.

Характеристика *U<sub>c</sub>(I<sub>2</sub>)* обеспечивается следующим

образом. Так как блок *БУВ* управляется очень малым напряжением (малым током *i<sub>y</sub>*), то канал управления работает при равенстве пар напряжений в устройстве *СУ*. Если по каким-либо причинам это равенство нарушается, то система регулирования изменяет ток возбуждения тягового генератора таким образом, чтобы восстановить его напряжение. Например, если при работе канала регулятора напряжения по току *I<sub>2</sub>* он возрастает, то это вызывает увеличение тока *i<sub>y</sub>* и точка на характеристике *i<sub>B</sub>(i<sub>y</sub>)* переместится из положения 1 в положение 2 (см. рис. 6.3). При этом ток возбуждения *i<sub>B</sub>* и напряжение *U<sub>2</sub>* уменьшаются, что препятствует увеличению тока *I<sub>2</sub>*. При уменьшении *I<sub>2</sub>* напряжение *U<sub>2</sub>* увеличивается. В результате работы каналов управления при постоянных значениях сигналов по *n<sub>d</sub>* и *h<sub>p</sub>* формируется характеристика *ABM<sub>1</sub>MM<sub>2</sub>CD* (см. рис. 6.4). Например, в области больших напряжений и малых токов генератора работает только канал управления по отклонению *U<sub>2</sub>* и по частоте *n<sub>d</sub>*. При увеличении тока *I<sub>2</sub>* до значения его в точке *C* открывается канал управления по отклонению *U<sub>2</sub>* и *I<sub>2</sub>*. При этом отрезок прямой *CM*, формируется селективным узлом при преобладании сигнала с датчика напряжения над сигналом с датчика тока. Отрезок прямой *M<sub>2</sub>M<sub>1</sub>* формируется при примерном равенстве сигналов с датчиков напряжения и тока. Точка *M* соответствует равенству сигналов с датчиков напряжения и тока. Положение точек *M<sub>2</sub>* и *M<sub>1</sub>* определяется чувствительностью селективного узла. Отрезок прямой *M<sub>1</sub>B* формируется селективным узлом при преобладании сигнала с датчика тока. При *I<sub>2</sub>* больше, чем в точке *B*, закрывается канал управления по отклонению *U<sub>2</sub>*.

При отклонении свободной мощности дизеля от мощности тягового генератора изменяется положение сердечника датчика *ДПР* и изменяется сигнал управления *h<sub>p</sub>* (см. рис. 6.2). При этом на характеристики *U<sub>c</sub>(I<sub>2</sub>)* смещается участок *BM<sub>1</sub>M<sub>2</sub>C*. Смещение характеристики происходит также при изменении частоты вращения *n<sub>дг</sub>*.

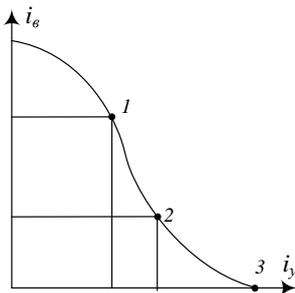


Рис. 6.3

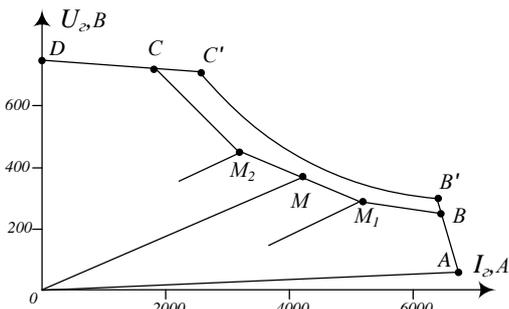


Рис. 6.4

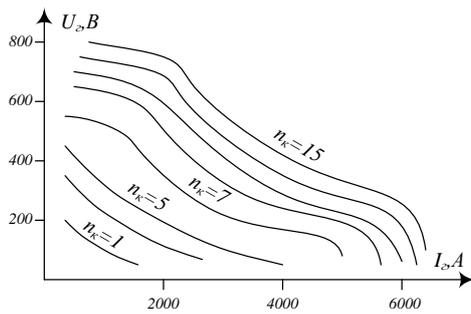


Рис. 6.5

Кроме того, этот регулятор принудительно выключен на позициях контроллера ниже 5-й (рис. 6.5).

Позиции контроллера машиниста  $n_k=1 \dots 15$  соответствуют определённой подаче топлива, а, следовательно – развиваемой дизелем мощности.

В этих случаях точки  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $B$  и  $C$  смещаются по прямым, параллельным линии  $OM$ ; углы наклона участков  $BM_1$ ,  $M_1M_2$  и  $M_2C$  при этом не изменяются.

Характеристика системы  $U_2(I_2)$  при выключенном регуляторе напряжения по положению органа подачи топлива получила название селективной. При работе этого регулятора характеристика  $U_2(I_2)$  располагается выше селективной (см. рис. 6.4) и на участке  $B'C'$  близка к гиперболе, так как при этом мощность тягового генератора равна свободной мощности дизеля, которая мало изменяется при постоянной частоте вращения вала дизель-генератора. На участки  $AB'$  и  $CD$  характеристики этот регулятор не влияет, так как при этих режимах работы системы он отключен.