Тахогенераторы постоянного тока выполняют с постоян­ными магнитами на статоре (рис. 11.1, *а)*или с электро­магнитным возбуждением от независимого источника пос­тоянного тока (рис. 11.1, *б).*В них используют якорь обычного типа с барабанной обмоткой, а также полый или дисковый с печатной  обмоткой  (см. § 11.2).

**Принцип действия.**При неизменном токе возбуждения *I*в, т. е. при неизменном потоке Ф, ЭДС пропорциональна частоте вращения:

***Е=сeФп,*(11.1)**

что является основой для использования машины постоян­ного тока в качестве тахогенератора. Его выходное на­пряжение

***U=E-Ia*Σ*Ra = E-U(*Σ*Ra/Rн),*(11.2)**

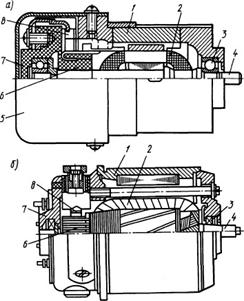
где *RH*— сопротивление нагрузки.

Из (11.1) и (11.2) составим уравнение выходной характе­ристики тахогенератора:

http://www.muravej.com/images/stories/book/bruskin.files/image1388.jpg             **(11.3)**

На рис. 11.2, *а*сплошными линиями показаны выходные характеристики для различных сопротивлений нагрузки при идеализированных условиях (при Φ = const и ΣR*а =*const). Эти характеристики являются линейными, а их угол наклона к оси абсцисс уменьшается при снижении сопротивления нагрузки. Следовательно, тахогенераторы можно применять только при неизменной нагрузке, т. е. совместно с инди­катором или другим устройством, на который рассчитан данный тахогенератор.

Крутизна выходной характеристики современных тахогенераторов постоянного тока S=3...100 мВт/(об/мин) (меньшие

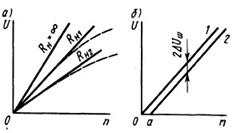


**Рис. 11.1.**   *Устройство   тахогенераторов   постоянного тока: 1 — корпус с полюсами; 2—якорь; 3 — подшипник; 4 — вал; 5—кожух;    6—коллектор;    7—подшипниковый   щит;    8 —щетки*

значения относятся к тахогенераторам с постоянными магни­тами). Наиболее распространены тахогенераторы с номиналь­ной частотой вращения «=1500...3000 об/мин.

**Погрешности выходной характеристики.***Выходная харак­теристика практически отклоняется от линейного закона в результате размагничивающего действия реакции якоря, наличия нелинейного сопротивления в переходном контакте между коллектором и щетками и изменения тока возбужде­ния из-за увеличения сопротивления обмотки возбуждения при ее нагревании.*

Размагничивающее действие реакции якоря проявляется при возрастании частоты вращения n, так как при этом повышается напряжение *U,*увеличивается ток *1а*тахогенера-тора, а следовательно, и МДС якоря *Fa.*Поэтому при повышенных частотах вращения выходное напряжение *U*воз­растает медленнее, чем увеличивается частота вращения (см. штриховые линии на рис. 11.2,- *а).*Для уменьшения влияния размагничивающего действия реакции якоря в цепи



**Рис. 11.2.***Выходные характеристики тахогенератора   постоянного   тока   и  влияние   на*

*Характеристики падения напряжения подщетками*

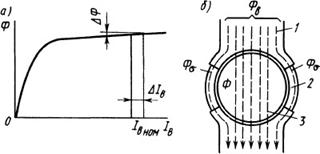
нагрузки желательно иметь максимально бо­льшое сопротивление *RH*и тахогенератор до­лжен работать при не­больших относитель­ных частотах вращения.

Нелинейный харак­тер сопротивления ще­точного контакта так­же создает определен­ную погрешность по сравнению с идеализи­рованной характери­стикой *1*(рис. 11.2, *б).*

При этом выходная характеристика *2*остается линейной, однако в области малых частот вращения тахогенератор становится нечувствительным к изменению Δ*n*— появляется *зона нечувствительности Оа.*Для уменьшения погрешности, создаваемой падением напряжения 2Δuщ под парой щеток, в тахогенераторах применяют металлографитовые щетки, у которых величина 2Δuщ незначительна, а в прецизионных тахогенераторах, предназначенных для счетно-решающих ус­тройств,— щетки с серебряными и золотыми напайками. При использовании таких щеток погрешность от влияния величины 2Δuщ практически можно  не учитывать.

Нагревание обмотки возбуждения тахогенератора приводит к увеличению ее сопротивления *RB,*вследствие чего уменьша­ются ток возбуждения, магнитный поток и выходное напряжение. Чтобы с повышением температуры обмотки возбуждения ток возбуждения изменялся незначительно, последовательно с ней включают либо терморезистор, который стабилизирует сопротивление цепи обмотки воз­буждения, либо добавочный резистор с сопротивлением R*Доб*» *Rн,*выполненный из материала с малым температурным коэффициентом сопротивления. Кроме того, для уменьшения влияния тока возбуждения на магнитный поток тахогенерато­ры часто выполняют с сильно насыщенной магнитной системой (рис. 11.3, *а).*При этом небольшие отклонения тока возбуждения Δ*I*Β от номинального, значения *I*в.ном практически не  влияют  на  величину  магнитного  потока  (ΔΦhttp://www.muravej.com/images/stories/book/bruskin.files/image1391.jpg0).

В машине с сильно насыщенной магнитной системой уменьшается также размагничивающее действие реакции якоря, особенно при небольших токах нагрузки. Однако рост насыщения магнитной системы тахогенератора приво­дит к увеличению размеров его обмотки возбуждения, а следовательно, размеров и массы всей машины. Недостат­ком    насыщенной    машины    является    также    отсутствие



**Рис. 11.3.***Магнитная характеристика тахогенератора· с насы­щенной  магнитной  системой   (а)  и  устройство  магнитной системы  с термочувствительными шунтами  (б): 1—полюсы; 2 — термочувствительные магнитные шунты; 3 — якорь*

пропорциональности между выходным напряжением и током возбуждения, что необходимо в некоторых схемах автоматики. В этом случае магнитопровод тахогенератора выполняют ненасыщенным, а для компенсации температурного влияния применяют термочувствительные магнитные шунты (рис. 11.3, б), изготовленные из сплава, изменяющего свою магнитную проводимость при нагревании. При нагревании обмотки возбуждения ее сопротивление увеличивается, а поток возбужде­ния Фв уменьшается. Однако магнитная проводимость шунтов при этом снижается, что приводит к уменьшению потоков рассеяния Φδ, ответвляющегося через шунты, и увеличению потока Фв, проходящего из полюсов в якорь. В результате выходное напряжение тахогенератора изменяется незначительно.

Указанные причины вызывают отклонение линейной выходной характеристики тахогенератора от идеализирован­ной. Относительная скоростная амплитудная погрешность *Аи,*обусловленная нелинейностью выходной характеристики, обычно устанавливается при номинальной частоте вращения и определяется в  %:

http://www.muravej.com/images/stories/book/bruskin.files/image1393.jpg              **(11.4)**

где UИД — выходное напряжение при идеализированных усло­виях; Uд — действительное значение выходного напряжения.

В тахогенераторах постоянного тока технологическая неточность установки щеток на геометрической нейтрали вызывает еще один вид погрешности — асимметрию выход­ного напряжения. Она заключается в том, что величина выходного напряжения различна при вращении якоря с оди­наковой частотой, но в противоположных направлениях. Асимметрию выходного напряжения вычисляют как отноше­ние разности выходных напряжений при вращении якоря с номинальной частотой в обоих направлениях к полусумме этих напряжений. В зависимости от класса точности тахогенератора скоростная амплитудная погрешность при номи­нальной частоте вращения составляет ± (0,05...3)%, а ошиб­ка асимметрии равна   ±(1...3)%.

**Достоинства и недостатки тахогенераторов.**Достоинства тахогенераторов постоянного тока следующие: малые габа­риты и масса при большой выходной мощности; отсутствие фазовой погрешности, что обусловлено работой на активную нагрузку; в тахогенераторах с постоянными магнитами не требуется иметь вспомогательный источник электрической энергии для возбуждения. Однако по сравнению с тахогенера-торами переменного тока они имеют ряд недостатков: сложность конструкции, высокую стоимость, нестабильность выходной характеристики из-за наличия скользящего контак­та, пульсации выходного напряжения и радиопомехи, возни­кающие в результате коммутации тока щетками.