

Стабилизация напряжения генераторов

Маргацкая Елена Александровна

Основные способы регулирования напряжения

- Напряжение генератора зависит от магнитного потока в рабочем зазоре, частоты вращения вала и нагрузки, тогда основные способы регулирования напряжения - воздействие на ЭДС или на внешнюю цепь генератора.

1. Регулирование напряжения за счет изменения ЭДС

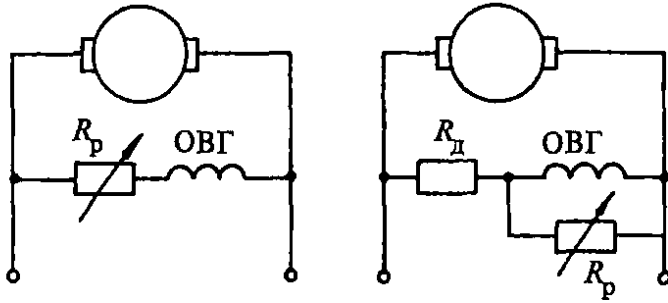
Используют методы, основанные на регулировании потока в рабочем зазоре:

$$E_1 = 4,44 f w_{\Phi} \Phi_m$$

1.1 Изменением МДС ОВ – осуществляется изменением тока в ОВГ с помощью следующих технических решений:

Основные способы регулирования напряжения

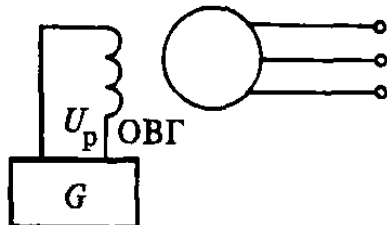
- Регулируемый резистор подключают последовательно или параллельно ОВГ, тогда:



$$I_{\text{ОВГ}} = \frac{U}{R_p + R_{\text{ОВГ}}} = f(R_p);$$

$$I_{\text{ОВГ}} = \frac{U}{R_d + \frac{R_{\text{ОВГ}} R_p}{R_{\text{ОВГ}} + R_p}} = f(R_p)$$

- ОВГ подключается к зажимам регулируемого источника напряжения G , тогда:



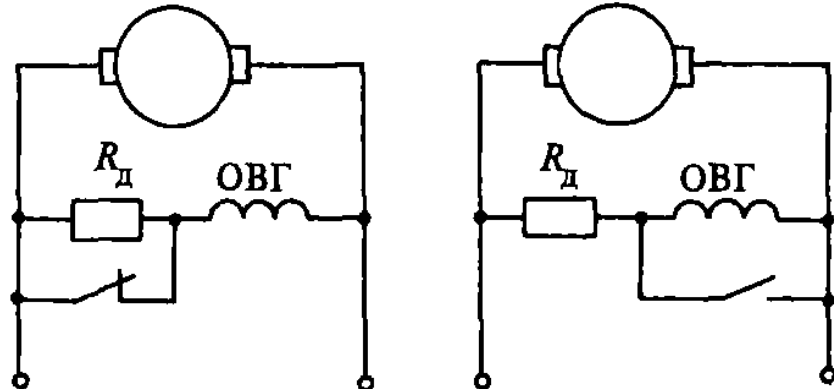
$$I_{\text{ОВГ}} = \frac{U_G}{R_{\text{ОВГ}}} = f(U_G)$$

Основные способы регулирования напряжения

- Вибрирующие контакты и дополнительные резисторы подключаются последовательно или параллельно ОВГ – происходит периодическое изменение сопротивления цепи ОВГ. Режим работы контактов характеризуется значениями относительной замкнутости $\tau_z = \frac{t_z}{t_z + t_p}$ и разомкнутости $\tau_p = 1 - \tau_z$ t_z – время замкнутого состояния. Тогда среднее значение сопротивления в цепи возбуждения и ток ОВ:

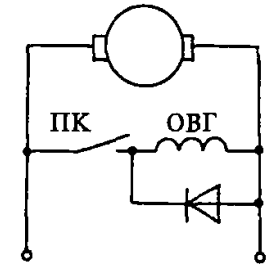
$$R_{в.ср} = \frac{R_{ОВГ}t_z + (R_{ОВГ} + R_d)t_p}{t_z + t_p} = \frac{R_{ОВГ}(t_z + t_p) + R_d t_p}{t_z + t_p} = R_{ОВГ} + \tau_p R_d.$$

$$I_{ОВГ} = \frac{U}{R_{ОВГ} + \tau_p R_d}$$

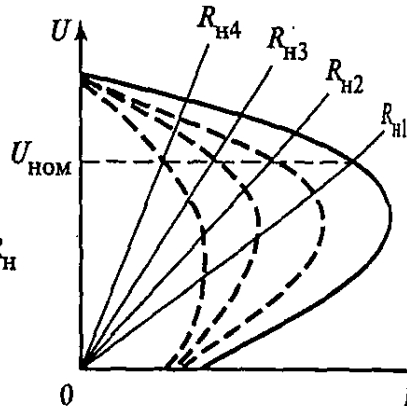
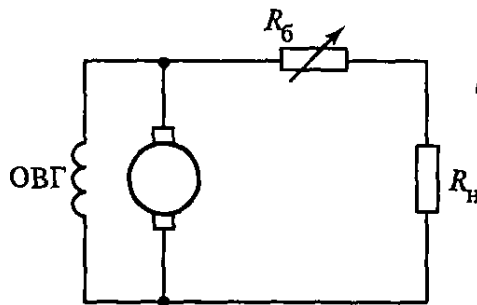


Основные способы регулирования напряжения

- Полупроводниковый ключ ПК включается последовательно с ОВГ – изменяется время замкнутого состояния ключа в пределах неизменного периода коммутации.



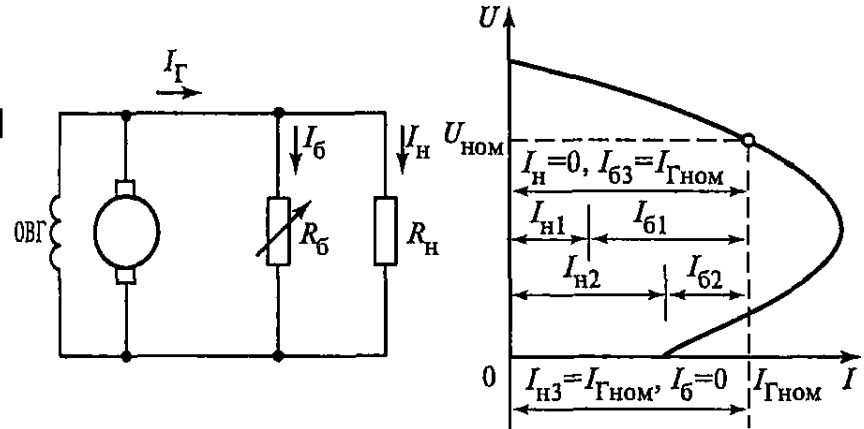
2. Регулирование напряжения управлением по цепи якоря – когда затруднено или невозможно воздействие на ЭДС,
- можно регулировать напряжение, включая регулируемую балластную нагрузку последовательно и параллельно основной. В первом случае деформируется ВАХ в месте включения нагрузки.



Основные способы регулирования напряжения

Во втором – стабилизация рабочей точки внешней характеристики генератора.

Такой способ имеет смысл при стабильной частоте вращения и недостаточно эффективен из-за больших потерь в добавочном сопротивлении.

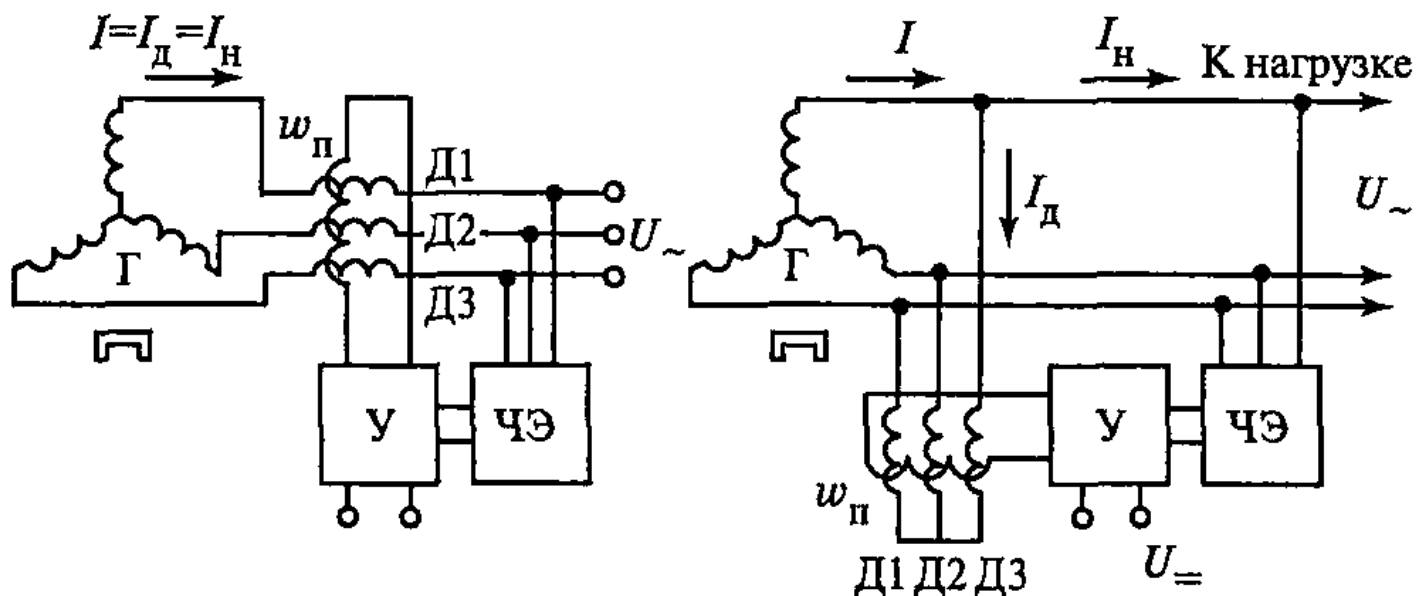


Эти потери можно снизить, если использовать вместо резистора полупроводниковый ключ в режиме ШИМ.

- В системах генерирования переменного тока между генератором и потребителем можно включить регулирующую реактивную балластную нагрузку – дроссели насыщения с переменным индуктивным сопротивлением.

Основные способы регулирования напряжения

Изменение напряжения на нагрузке воспринимается чувствительным элементом ЧЭ. ЧЭ вырабатывает сигнал управления, который усиливается усилителем У и подается на обмотку подмагничивания. При этом меняется индуктивность дросселя и, следовательно, падение напряжения на нем. Это приводит к восстановлению напряжения на нагрузке.



Основные способы регулирования напряжения

«-»: значительные масса и габаритные размеры дросселя, малый КПД, несинусоидальная форма стабилизированного напряжения.

«+»: простота и надежность, большая глубина регулирования токов нагрузки, высокая точность поддержания напряжения.

Применяется, если требования к качеству эл. энергии не высоки. Широкое применение подобных систем с МЭГ.

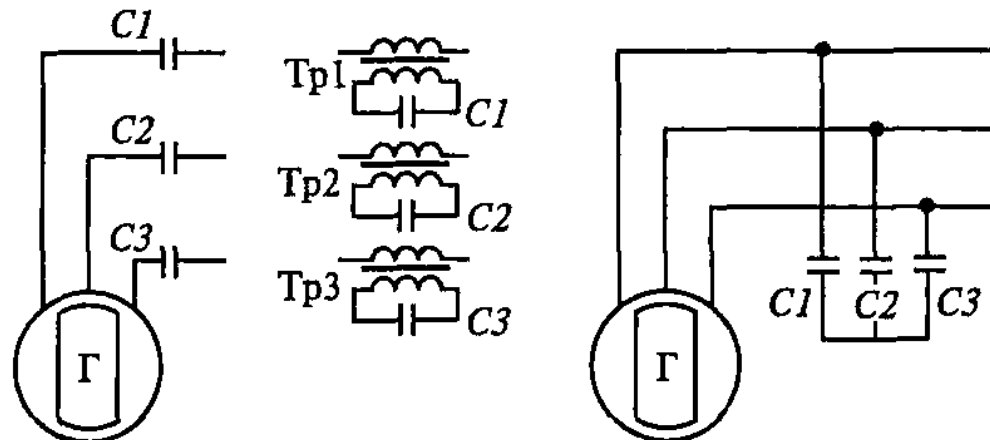
- Стабилизация МЭГ может осуществляться последовательным и параллельным включением конденсаторов с нагрузкой.

Основные способы регулирования напряжения

- Принцип действия последовательного емкостного стабилизатора основан на компенсации или перекомпенсации продольного индуктивного сопротивления генератора. Для снижения размеров и массы емкостных батарей их можно включать через трансформаторы $S_{\text{экв}} = C \cdot k^2$, k – коэффициент трансформации.
- При переменной частоте вращения такой способ малоэффективен, т.к. при увеличении частоты вращения уменьшается емкостное сопротивление. В целом за счет массы последовательного стабилизатора удельная мощность такой системы генератор-стабилизатор снизится на 10-15% в сравнении с удельной мощностью нестабилизированного генератора.

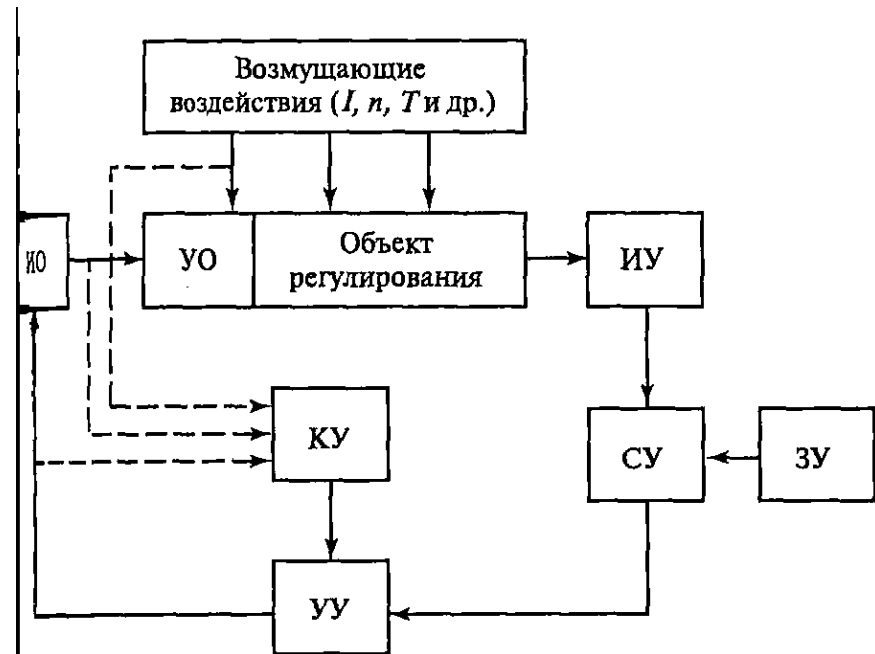
Основные способы регулирования напряжения

- Параллельная стабилизация осуществляется за счет компенсации и перекомпенсации индуктивной составляющей тока нагрузки емкостным током.
- Такая схема приводит к искажению кривой напряжения при значительном индуктивном токе, но по массе, размерам и точности стабилизации превосходит последовательный стабилизатор.



Общая структура регулятора напряжения

- ИУ – измерительное устройство
- ЗУ – задающее устройство
- СУ – сравнивающее устройство
- УУ – усилительное устройство
- КУ – корректирующее устройство
- ИО – исполнительный орган
- УО – управляющее устройство

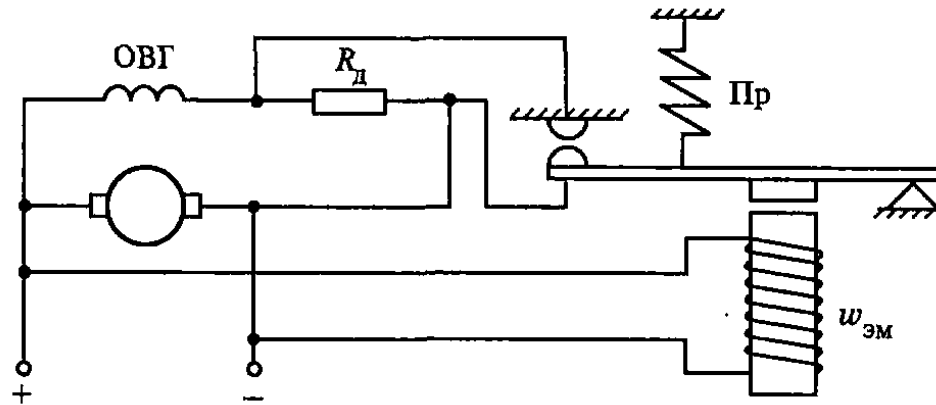


Регуляторы напряжения классифицируются:

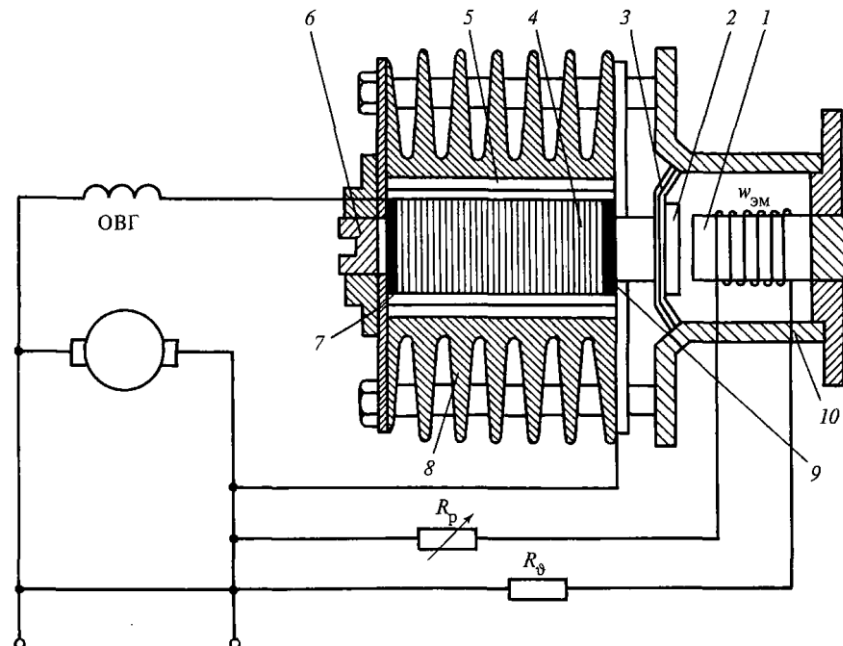
- По типу исполнительного органа (вибрационные, угольные, на магнитных усилителях, тиристорные и транзисторные)
- По способу формирования сигнала управления (РН непрерывного и дискретного действия)

Практические схемы авиационных РН

1) Вибрационные РН (1930 – 1940 гг.)

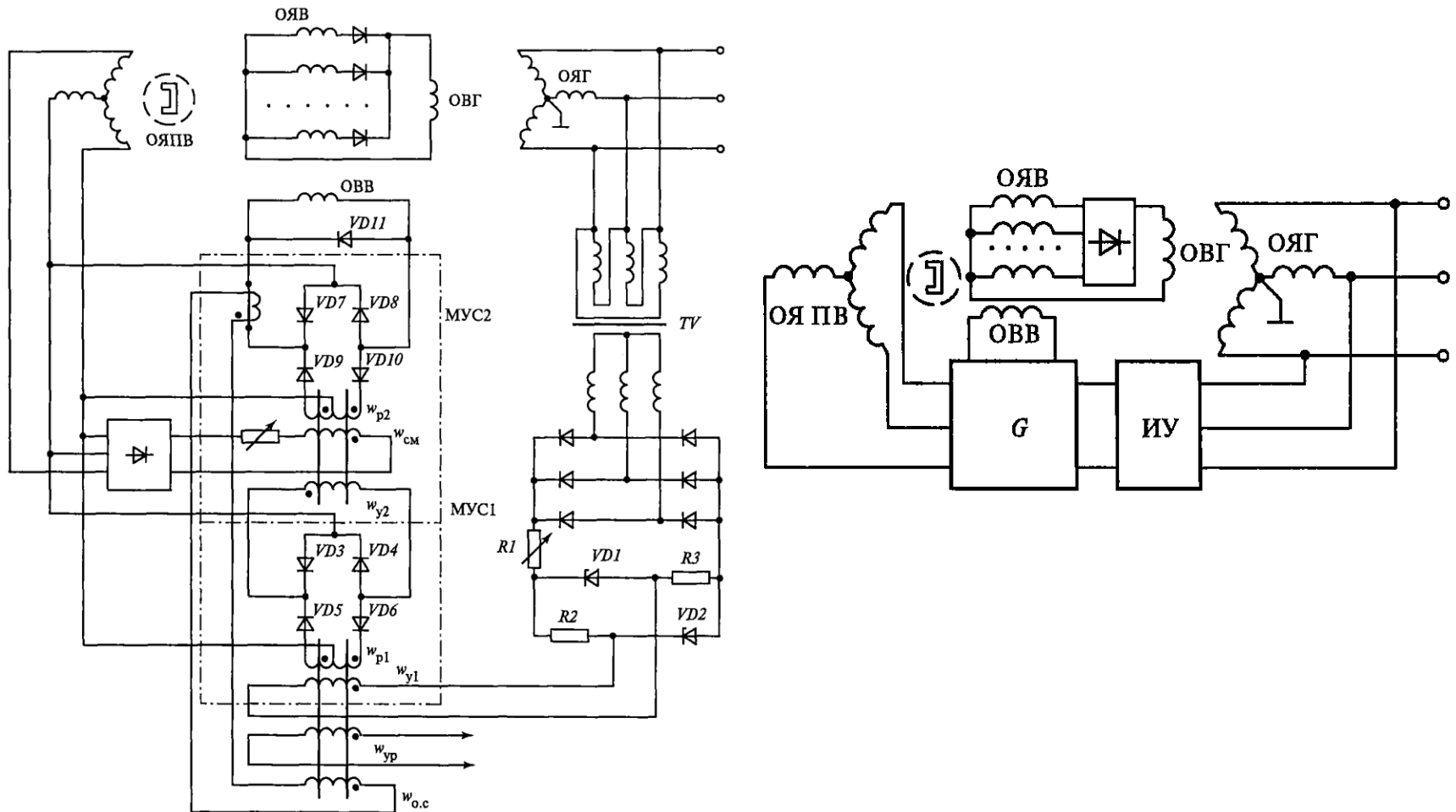


2) Угольный РН Ан-24, Ан-26, Ан-30



Практические схемы авиационных РН

3) РН на магнитных усилителях

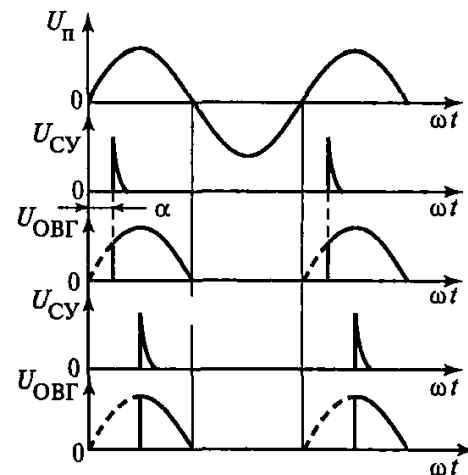
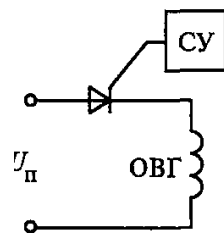


Практические схемы авиационных РН

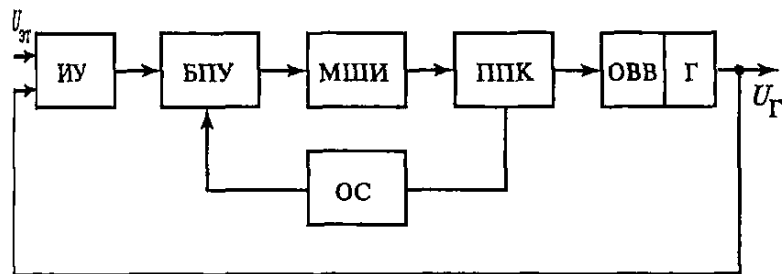
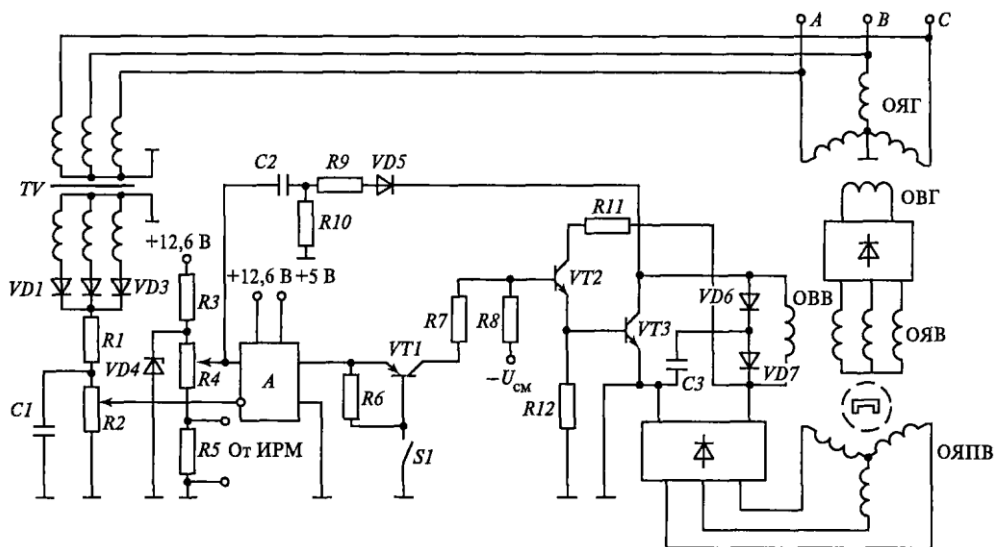
4) Тиристорный РН

Миг-29

Су-27



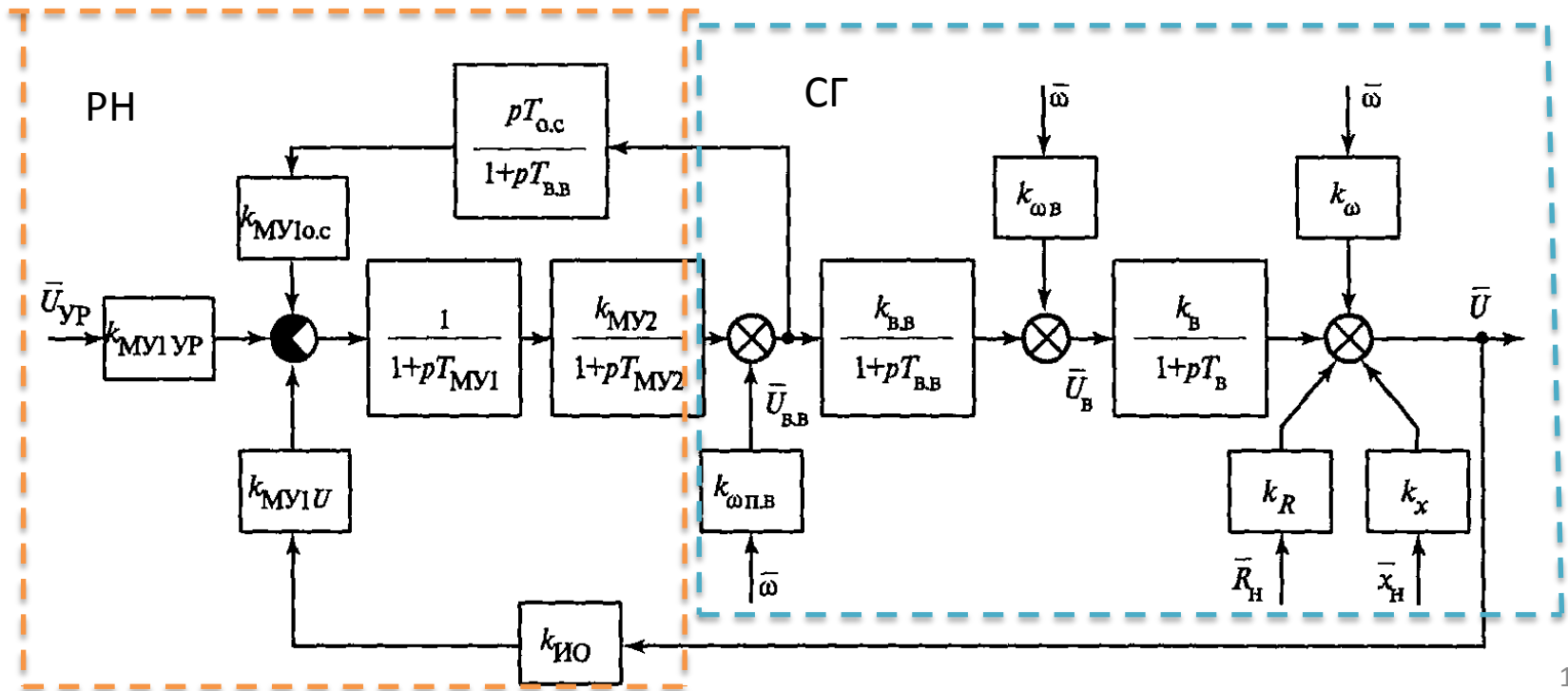
5) Транзисторный РН (Ту-204, Ил-96, Ан-124)



ИУ – измерительное устройство, МШИ – модулятор ширины импульсов, БПУ – блок предварительного усиления сигнала с ИУ, ППК – полупроводниковый коммутатор

Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

Структурная схема САР напряжения СГ с вращающимися выпрямителями и РН на магнитных усилителях. Для СГ возмущающие воздействия – изменение нагрузки и частоты вращения ротора.



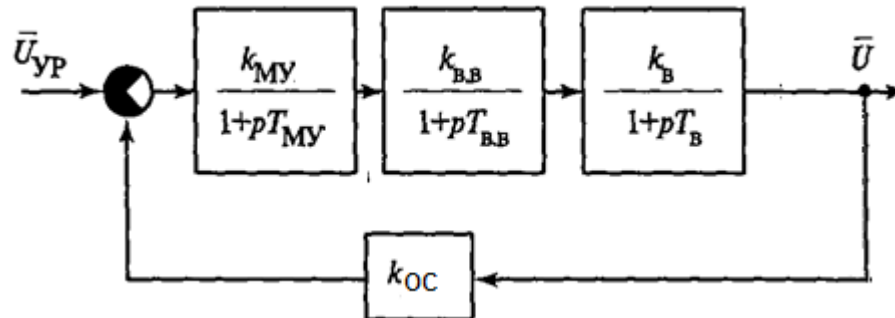
Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

K_v , K_{vv} – коэффициенты, характеризующие чувствительность основного генератора к изменению напряжения возбуждения и возбудителя к изменению тока в его ОВ; T_v , T_{vv} – постоянные времени соответственно цепи возбуждения возбудителя и основного генератора; K_w , K_{wv} , $K_{wпв}$ – коэффициенты, учитывающие влияние изменения частоты вращения генератора на напряжения отдельных его машин; K_x , K_r – коэффициенты, определяющие влияние индуктивного и активного сопротивлений нагрузки на изменение напряжения СГ; $T_{му}$ – постоянная времени магнитного усилителя; $K_{му}$ – коэффициент усиления магнитного усилителя; $T_{ос}$ – постоянная времени гибкой обратной связи – расширяет область устойчивости системы.

Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

Примем следующие допущения:

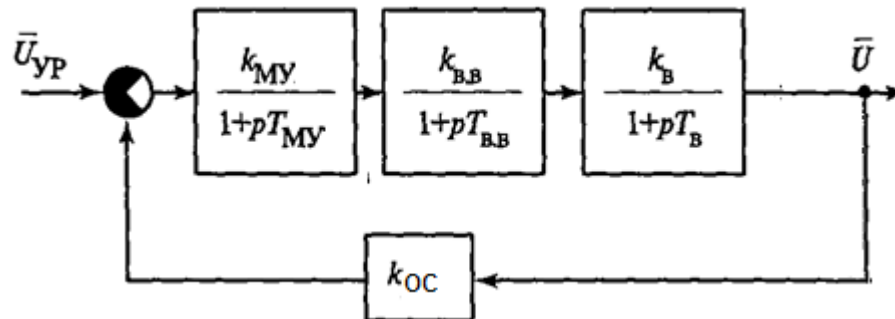
- Процессы регулирования напряжения и частоты взаимосвязаны, однако регулирование напряжения происходит значительно быстрее, поэтому можно принять, что $w = \text{const}$ и относительное ее приращение $\bar{w} = 0$.
- Для упрощения двухкаскадный МУ можно представить в виде эквивалентного МУ с постоянной времени $T_{МУ} = T_{МУ1} + T_{МУ2}$.
- Откажемся от введения дополнительной гибкой ОС. Тогда структурная схема примет вид:



Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

Примем следующие допущения:

- Процессы регулирования напряжения и частоты взаимосвязаны, однако регулирование напряжения происходит значительно быстрее, поэтому можно принять, что $w = \text{const}$ и относительное ее приращение $\bar{w} = 0$.
- Для упрощения двухкаскадный МУ можно представить в виде эквивалентного МУ с постоянной времени $T_{МУ} = T_{МУ1} + T_{МУ2}$.
- Откажемся от введения дополнительной гибкой ОС. Тогда структурная схема примет вид:



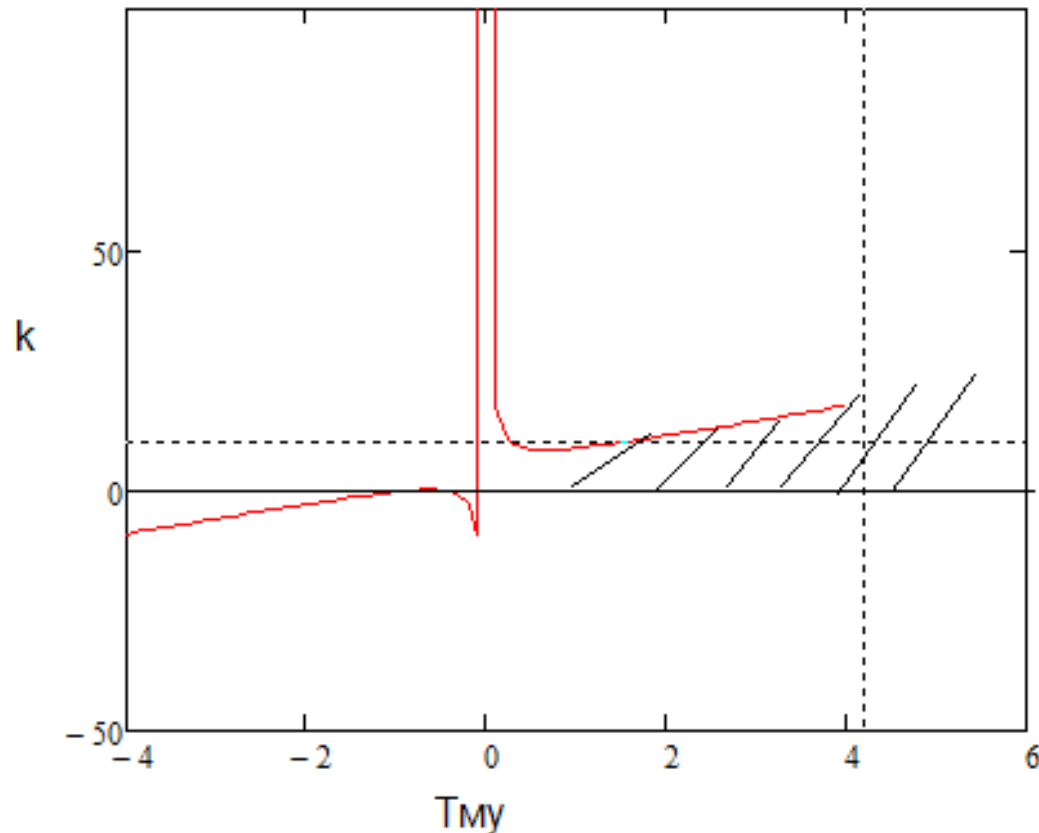
Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

1. Исследование влияния параметров регулятора напряжения на устойчивость системы.
 - Построить границу области устойчивости системы регулирования напряжения в координатах $k - T_{му}$, где k – общий коэффициент усиления системы, для этого:
 - Составить характеристическое уравнение системы
 - Сформировать условия устойчивости по Гурвицу
 - Выразить уравнение границы устойчивости
 - Для расчетов принять $k_v = k_{vv} = 1$, $T_{vv} = 0,5$, $T_v = 0,8$.
 - Проверить устойчивость для точки с координатами $k =$

Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

1. Проверить численное выражение для границы устойчивости.

$$z(x) := \frac{1.3 \cdot x^2 + 2.09 \cdot x + 0.52}{0.4 \cdot x} - 1$$



Статич-е и динамич-е процессы в системах регулирования напряжения

2. Сделать вывод о влиянии параметров МУС на устойчивость системы и качество САР на основании следующих графиков:

