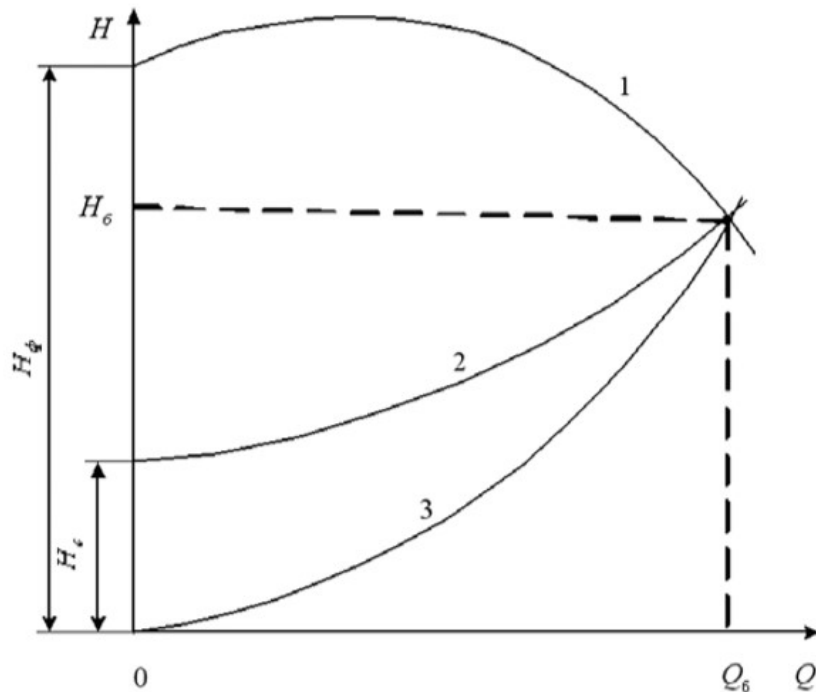


## Рабочие характеристики турбомашин



- 1 - напорная характеристика;
- 2 - характеристика трубопровода насоса - зависимость между расходом жидкости через трубопровод и напором, который требуется для обеспечения этого расхода;
- 3 - характеристика воздуховода вентилятора.

### Напорная характеристика

$$H = H_{\text{ф}} - S_{\text{ф}} \cdot Q^2$$

$H_{\text{ф}}$  - фиктивный напор при нулевой подаче;

$S_{\text{ф}}$  - гидравлическое фиктивное сопротивление турбомашин;

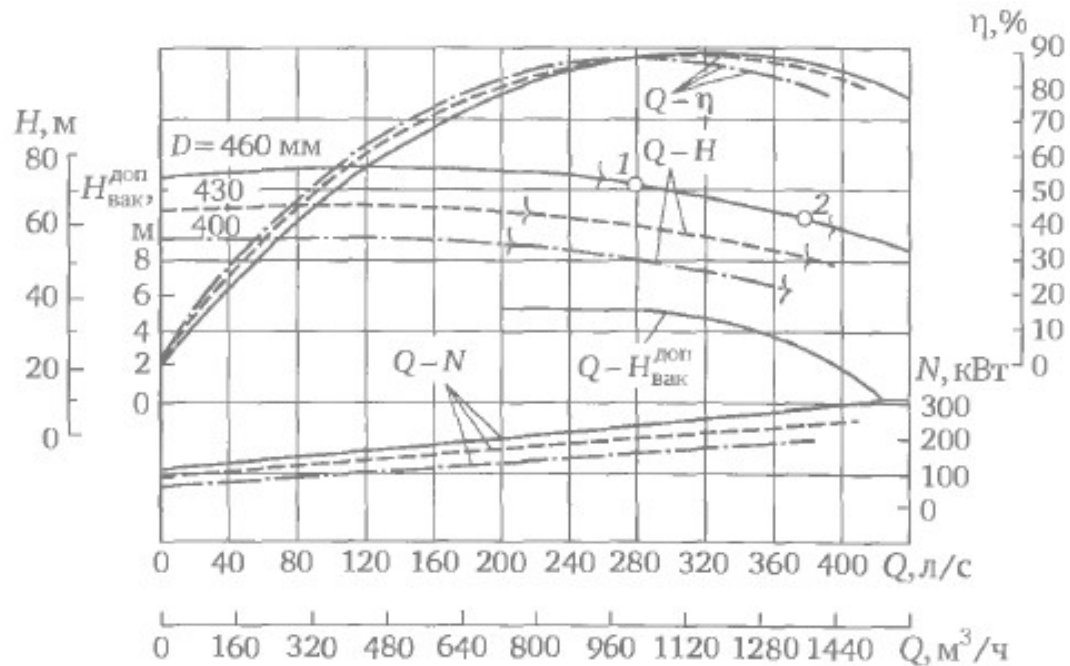
$H_c$  - статический напор, обусловленный разностью геодезических отметок подачи и приема жидкости.

### Характеристика трубопровода насоса

$$H = H_c + S \cdot Q^2$$

$S$  - гидравлическое сопротивление трубопровода;

$Q$  - расход жидкости через трубопровод.



Определение по каталожным данным:

$$S_{\phi} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$$

$$H_{\phi} = H_1 + S_{\phi} Q_1^2$$

или

$$H_{\phi} = H_2 + S_{\phi} Q_2^2$$

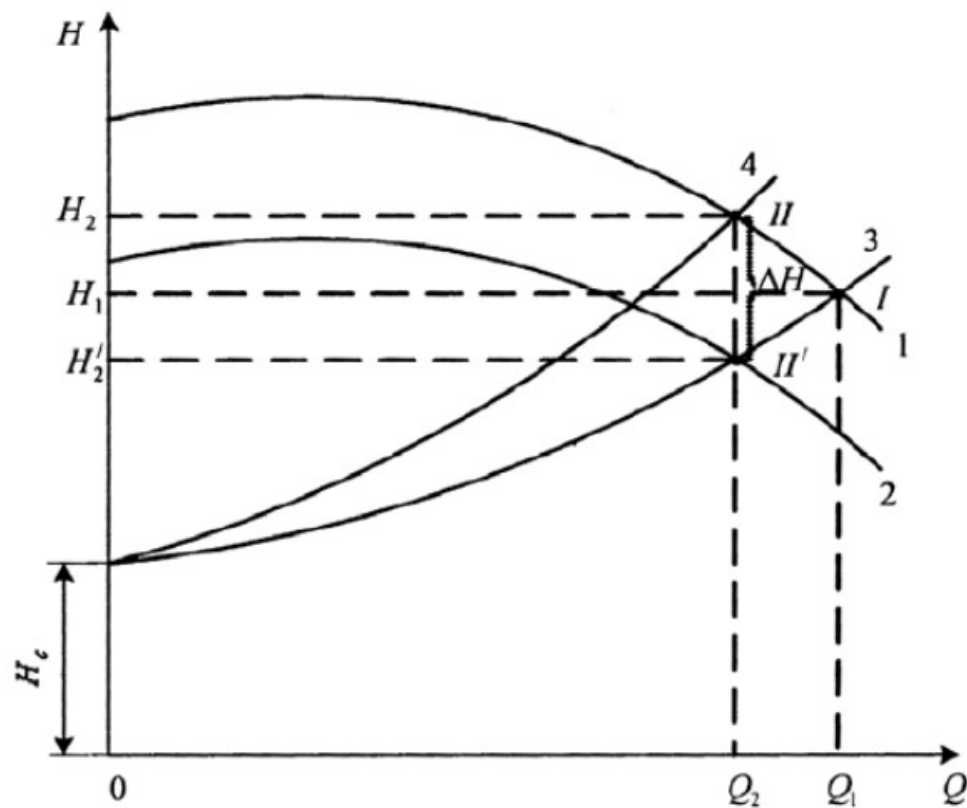
Значения  $H_{\phi}$  зависят от конструктивных параметров насоса.

$$H_{\phi}^* = \frac{H_{\phi}}{H_{\text{н}}} -$$

относительный фиктивный напор, определяет крутизну характеристики.

Для насосов чистой воды  $H_{\phi} = 1,25H_{\text{н}}$ ; для динамических и грунтовых насосов  $H_{\phi} = 1,45H_{\text{н}}$ ; для осевых насосов  $H_{\phi} = 2H_{\text{н}}$

С ростом водопотребления подачу приходится увеличивать. При этом увеличиваются потери давления и утечки в трубах. Чтобы компенсировать эти потери, следует увеличить подачу насоса. При уменьшении водопотребления подача и давление должны быть уменьшены. Приведение в соответствие водопотребления и подачи осуществлялось изменением числа работающих насосных агрегатов или степени открытия задвижек на напорных линиях насосных установок. В настоящее время используется способ регулирования частоты вращения рабочих колес насосов с помощью регулируемого ЭП.



## Дросселирование –

изменение подачи и напора  
путем изменения степени  
открытия задвижки (3,4)

приоткрыли задвижку → I → II  
( $Q \downarrow$ ,  $H$  насоса  $\uparrow$ , напор на  
трубопроводе за задвижкой  
 $H_2 \downarrow$ )

Снижение напора за  
задвижкой происходит за счет  
потерь в задвижке – способ не  
экономичен.

- 1 - характеристика насоса при номинальной частоте вращения;
- 2 - то же при уменьшении частоты вращения;
- 3 - характеристика трубопровода при полном открытии задвижки;
- 4 - то же при уменьшении степени открытия задвижки

Применение регулируемого электропривода экономически целесообразно при мощности насосных агрегатов 55-75 кВт и выше.

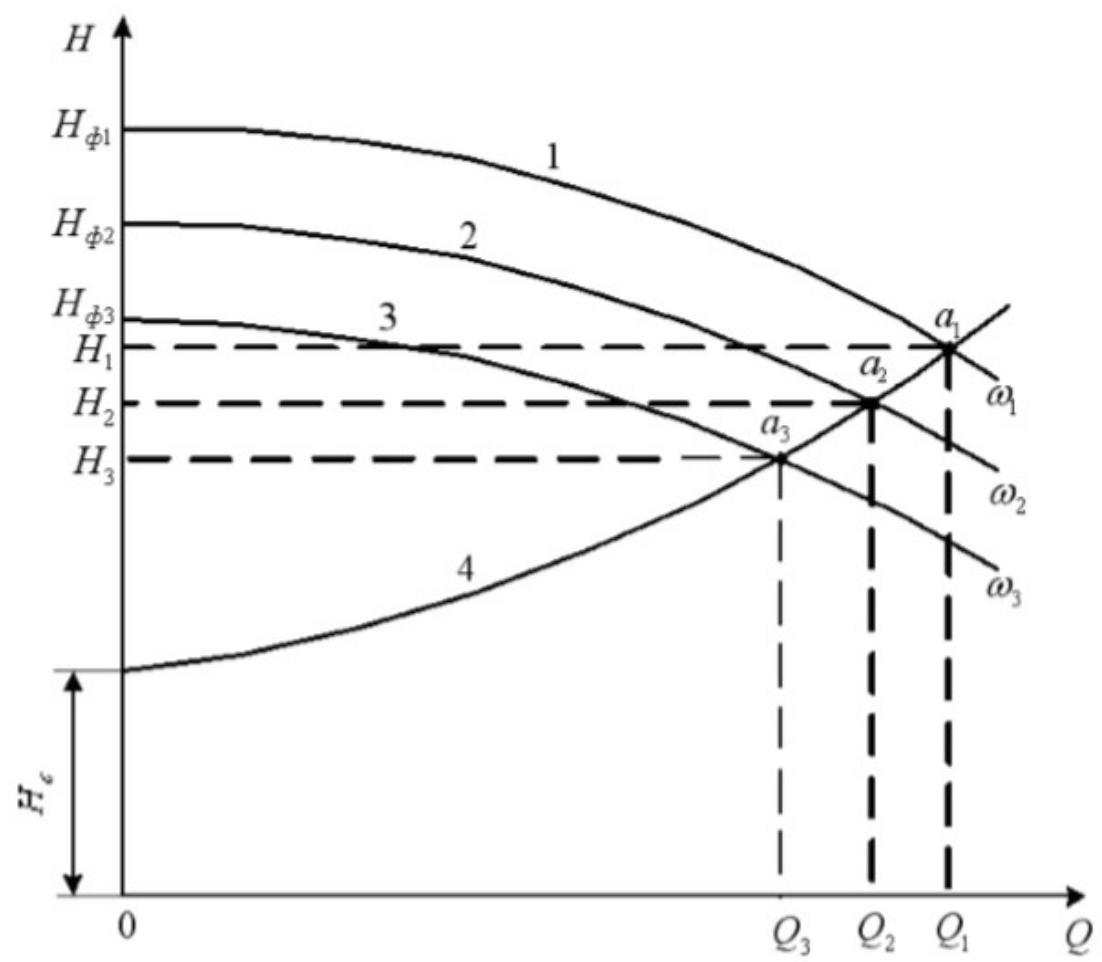
### **Для агрегатов мощностью**

- ✓ 55-320 кВт, с низковольтными АД с КЗ ротором - частотно-регулируемый ЭП с низковольтными преобразователями частоты;
- ✓ 250-1600 кВт, с низковольтными и высоковольтными АД с фазным ротором - электропривод по схеме АВК;
- ✓ 1600-6000 кВт, с АД с КЗ ротором и с высоковольтными СД - бестрансформаторный частотно-регулируемый ЭП или по системе вентильного двигателя;
- ✓ 400-1600 кВт, с высоковольтными АД с КЗ ротором - двухтрансформаторные частотно-регулируемые ЭП.

# Напорная характеристика насоса, работающего с переменной угловой скоростью рабочего колеса

$$H = H_{\phi} \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_H} \right)^2 - S_{\phi} \cdot Q^2$$

$$H = H_c + S \cdot Q^2$$



Совместное решение уравнений характеристик насоса и трубопровода относительно подачи  $Q$  дает зависимость изменения подачи насоса от его угловой скорости:

$$Q = Q_H \cdot \sqrt{\frac{H_\phi \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2 - H_c}{H_\phi - H_c}}$$

Зависимость изменения напора насоса от его угловой скорости

$$H = H_c + (H_H - H_c) \cdot \frac{H_\phi \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2 - H_c}{H_\phi - H_c}$$

Зависимость изменения КПД насоса от его угловой скорости  
(формула Муди):

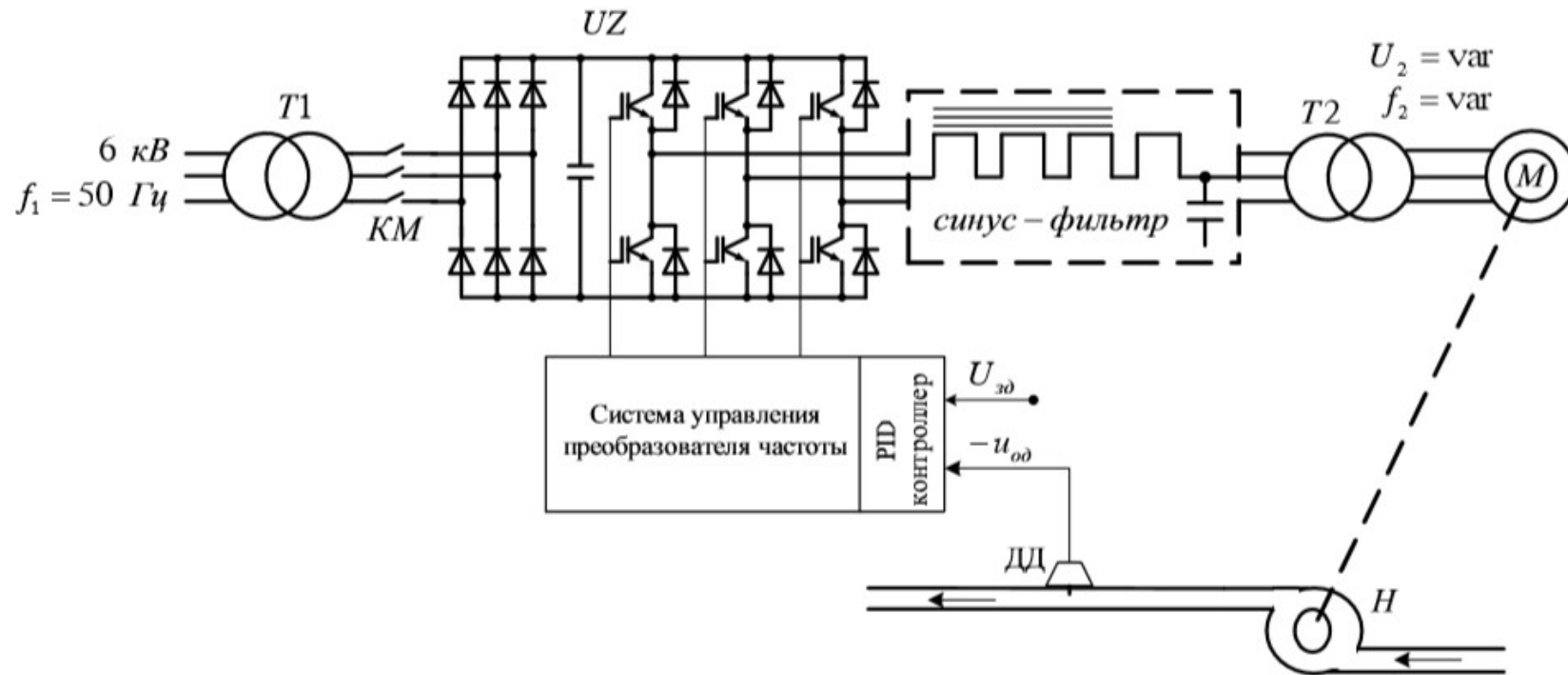
$$\eta = 1 - \frac{1 - \eta_H}{\left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^{0,36}}$$

Мощность, потребляемая насосом, кВт

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot g}{\eta}$$

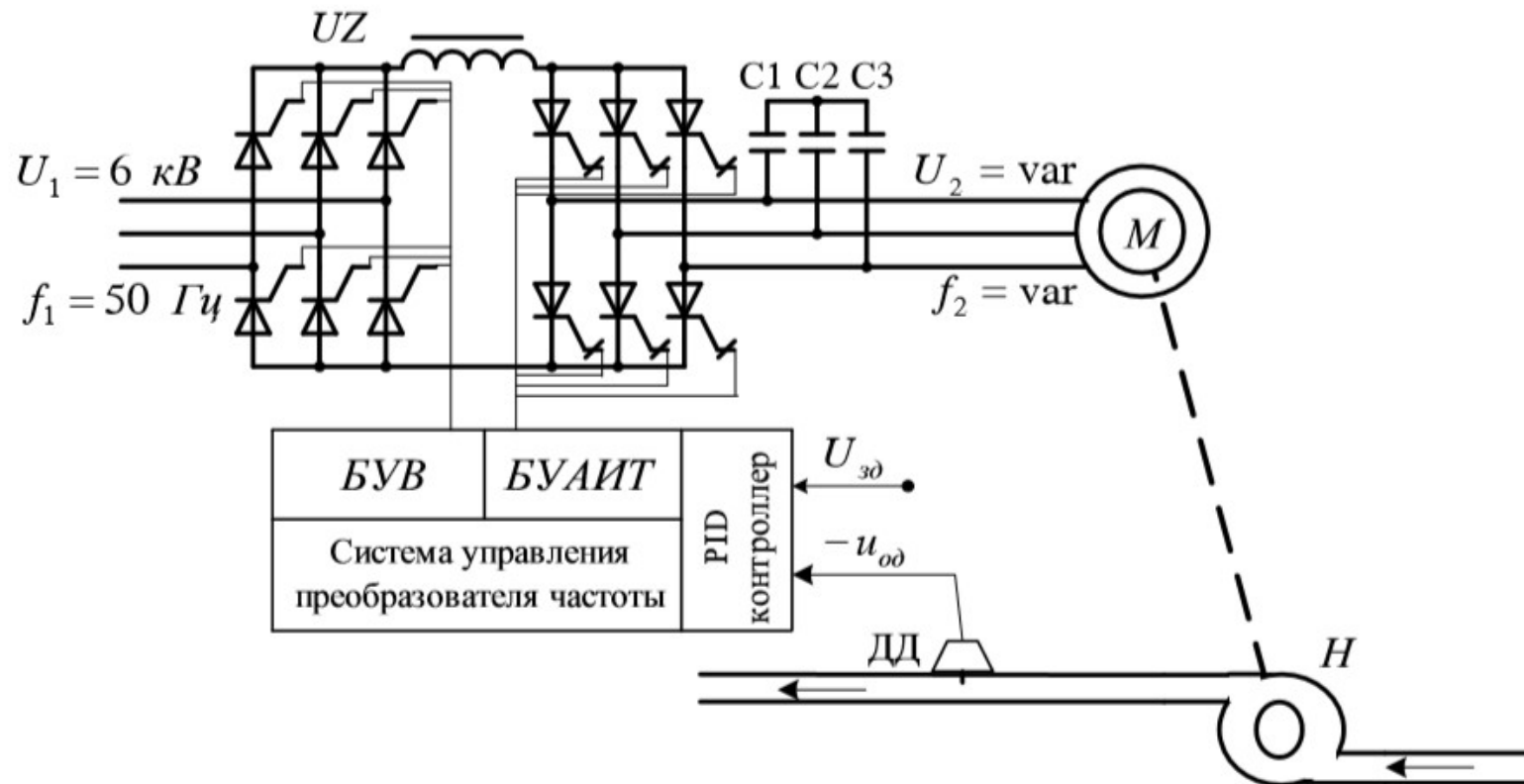


## Двухтрансформаторный частотно-регулируемый электропривод в системе автоматической стабилизации давления в гидросистеме



Датчик давления ДД устанавливается на нагнетательном трубопроводе на наивысшей точке подачи жидкости или на наиболее удаленной точке в зависимости от технологических условий. СУ преобразователя частоты имеет встроенный ПИД-регулятор с функциями формирования сигнала задания по давлению  $U_{зд}$  и обработки сигнала обратной связи по давлению  $u_{од}$ .

## Бестрансформаторный высоковольтный частотно-регулируемый ЭП в системе автоматической стабилизации давления в гидросистеме



Сигналы от датчика давления и задающего устройства поступают в ПИ-регулятор, где они сравниваются между собой, обрабатываются и передаются в систему управления частотно-регулируемого электропривода насоса. Если напор в диктующей точке выше заданного значения, в электропривод поступает команда на уменьшение угловой скорости двигателя насоса, и наоборот. При соответствии напора заданному значению изменение угловой скорости прекращается.

Для вентиляторов с АД с КЗ ротором мощностью до 160 кВт, используется низковольтный частотно-регулируемый ЭП.

Для мощных вентиляторов с высоковольтными СД мощностью до 4000 кВт используются бестрансформаторные высоковольтные частотно-регулируемые электроприводы с АИТ.

Также возможно применение АВК как низковольтного, так и высоковольтного для регулирования угловой скорости вентиляторов, так как такая система электропривода значительно дешевле частотно-регулируемого.

Для электроприводов вентиляторных установок мощностью свыше 2000 кВт, оснащенных СД, возможно применение вентильного двигателя.

Напорная характеристика вентилятора, работающая с переменной угловой скоростью рабочего колеса

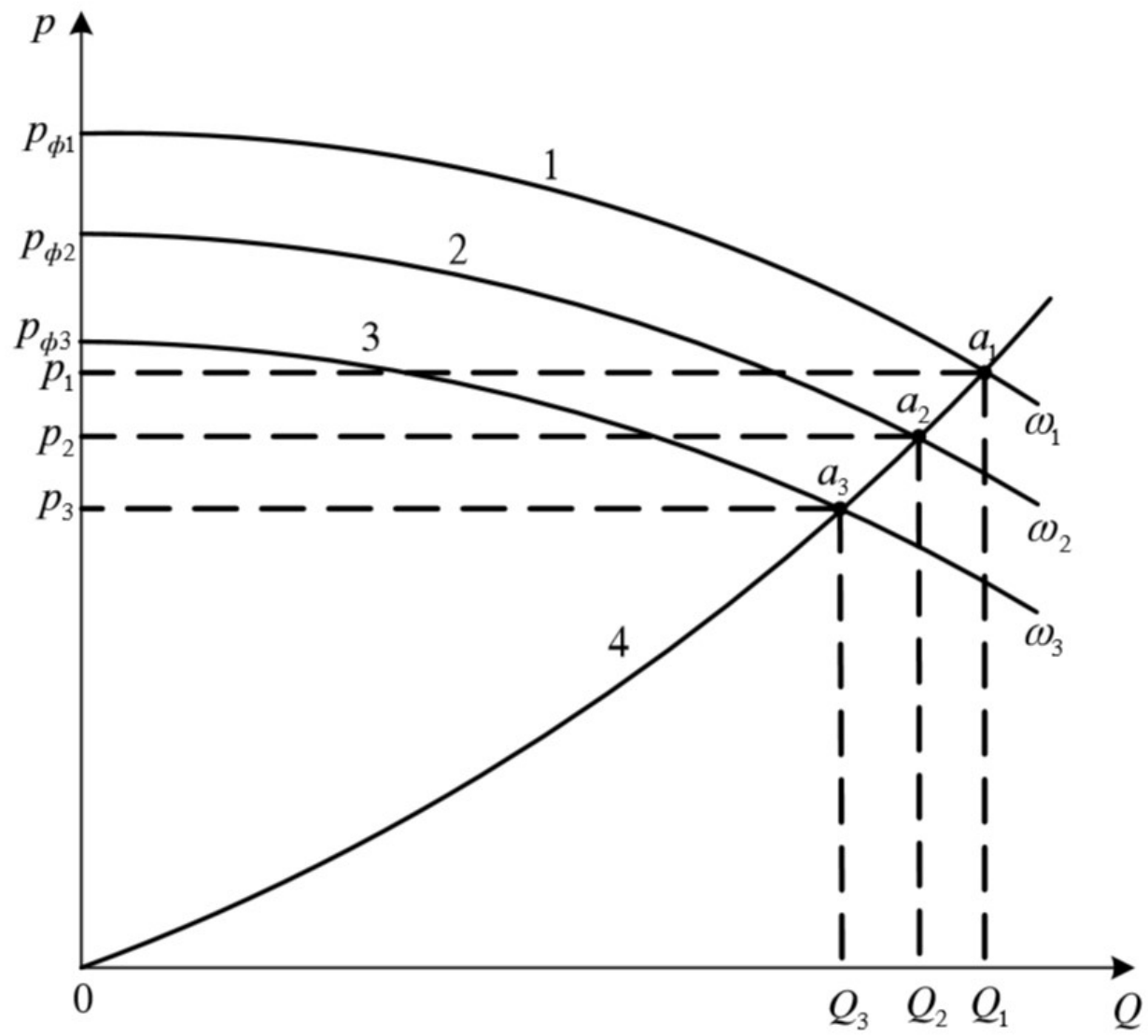
$$p = p_{\phi} \cdot \left( \frac{\omega}{\omega_H} \right)^2 - S \cdot Q^2$$

$p_{\phi}$  — фиктивное статическое давление, соответствующее нулевой подаче: для вентиляторов  $p_{\phi} = 2p_{\text{ном}}$ ; для воздуходувок и дымососов  $p_{\phi} = 3p_{\text{ном}}$ ;  $S$  — аэродинамическое сопротивление вентилятора.

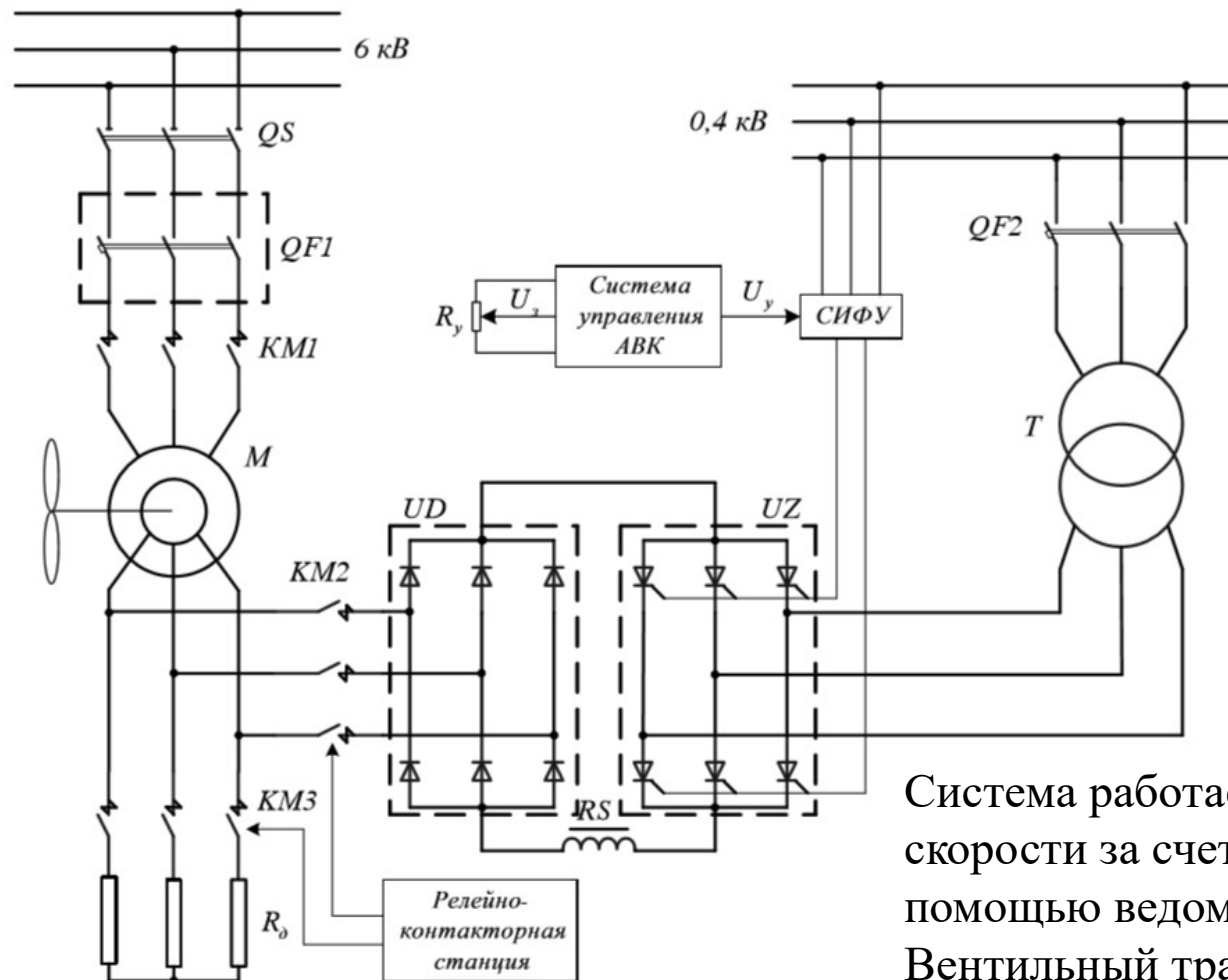
Характеристика воздуховода описывается зависимостью

$$p = S_B \cdot Q^2$$

$p$  - статическое давление в начале воздуховода (на выходе вентилятора);  $S_B$  - аэродинамическое сопротивление воздуховода;  $Q$  - расход воздуха через воздуховод.



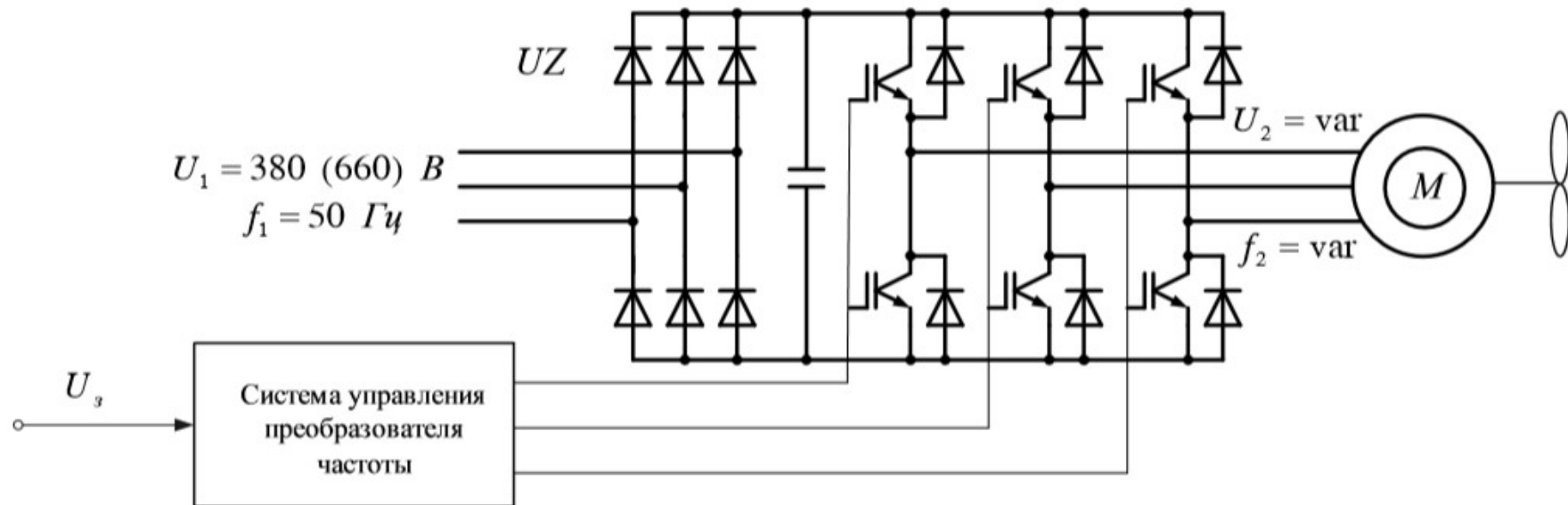
## Схема электропривода системы асинхронно-вентильный каскад вентилятора главного проветривания



Сигнал задания  $U_3$  формируется с помощью потенциометра  $R_y$ .

Система работает в режиме регулирования скорости за счет изменения противо-ЭДС с помощью ведомого сетью инвертора. Вентильный трансформатор предназначен для согласования противо-ЭДС инвертора с сетевым напряжением.

## Схема частотно-регулируемого ЭП вентилятора местного проветривания



Регулирование рабочих режимов осуществляется в ручном режиме, так как процессы изменения параметров регулирования (полное давление, подача) являются медленно изменяющимися.