

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Лекция 12

САРТ - система автоматического
регулирования турбин

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМАШИНАМИ



Назначение – обеспечить работу гидромашин без участия человека

Основные технологические операции:

- пуск и остановка агрегата,
- изменение нагрузки,
- автоматическое поддержание заданной мощности, частоты вращения,
- оптимальной комбинаторной зависимости в поворотно-лопастных турбинах,
- защиты от аварий

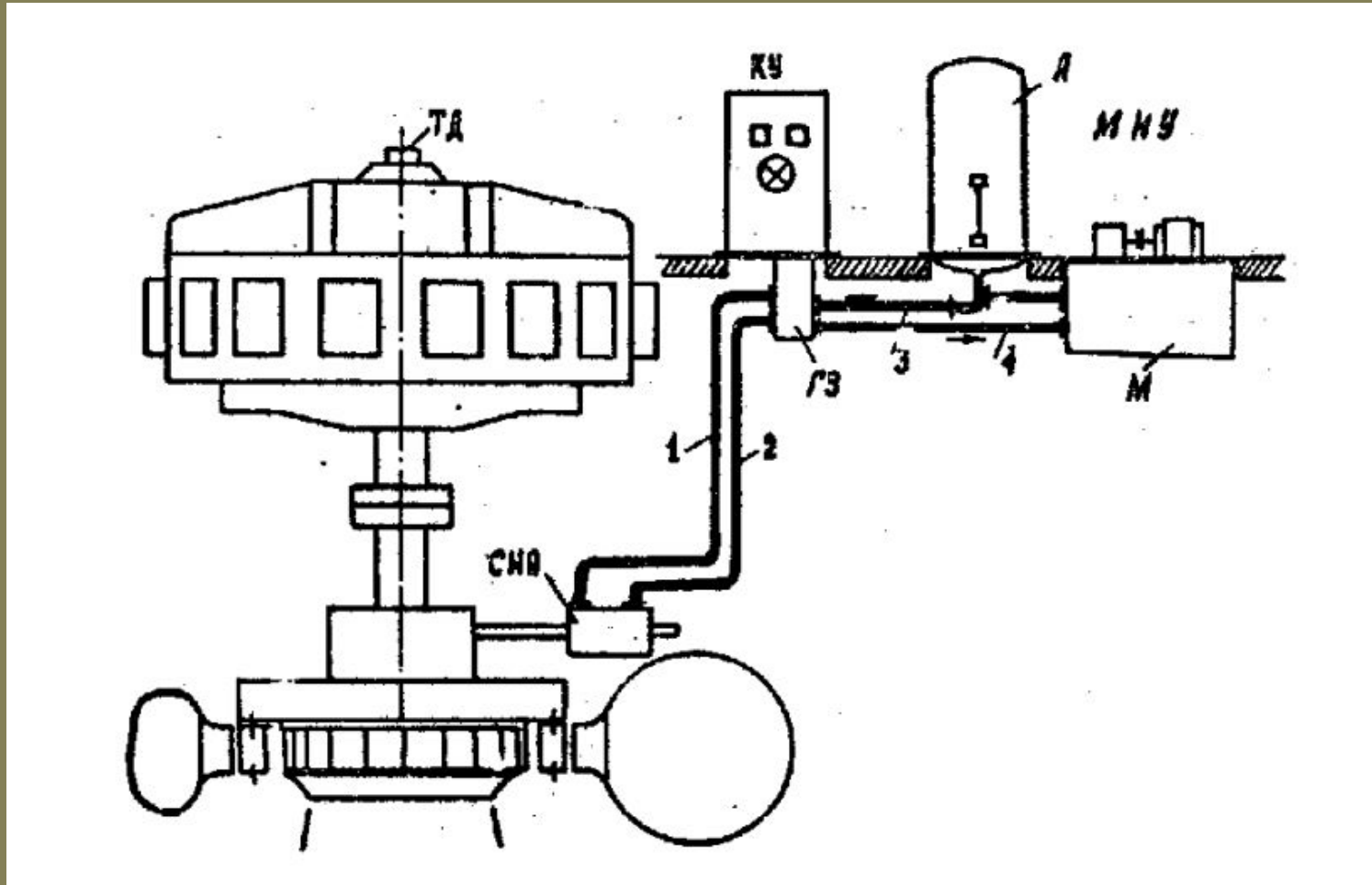
В состав САРУ входят: регулятор частоты вращения; маслонапорная установка с аппаратурой автоматического управления; аппаратура автоматического управления турбиной

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМАШИНАМИ

В соответствии с выполняемыми функциями САУТ включает следующие три основных звена:

1. Управляющие – колонка управления (КУ), которая состоит из устройств воспринимающих внешние воздействия и сигналы, передаваемые на регулятор, и обрабатывающих по ним сигнал, который управляет открытием турбины;
2. Исполнительные – сервомоторы или серводвигатели, т.е. силовые органы, обычно гидравлические. Которые изменяют открытие турбины (направляющего аппарата, лопастей рабочего колеса реактивных турбин; иглы сопел и дефлекторов активных турбин)
3. Энергетические – маслonaпорная установка, которая обеспечивает энергоносителем (маслом под давлением) сервомоторы и распределительные устройства (золотники)

СХЕМА САРТ АГРЕГАТОВ С РО ИЛИ ПР ТУРБИНАМИ



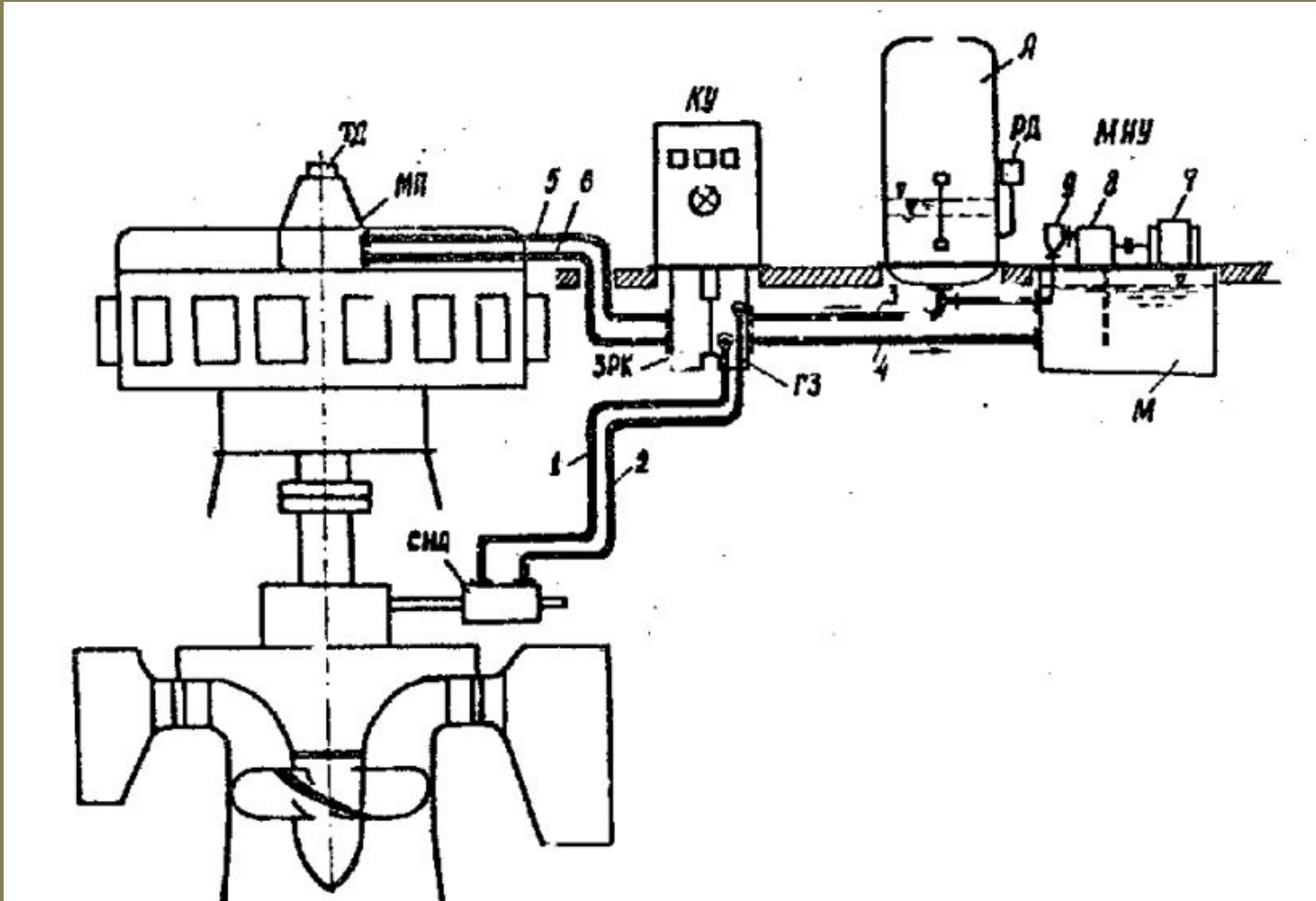
КУ – колонка управления (регулятор), в которую вводится сигнал от таходинамо (ТД) для измерительного элемента частоты вращения, а также внешние управляющие сигналы.

Распределительным органом является главный золотник ГЗ, установленный по КУ. Сервомоторы направляющего аппарата СНА связаны с ГЗ трубопроводами 1 и 2.

Маслонапорная установка МНУ обеспечивает маслом под давлением всю систему регулирования. Основные части МНУ: маслосборник, на котором смонтированы маслонасосы с электродвигателями и гидроаккумулятор А (масловодушный)

МНУ соединена напорным (3) и сливным (4) трубопроводами с ГЗ КУ

СХЕМА САРТ АГРЕГАТОВ С ПЛ ТУРБИНАМИ



КУ – колонка управления (регулятор) связана с таходинамом ТД и имеет в нижней части два распределительных золотника: главный (ГЗ), который управляет движением сервомоторов НА и золотник рабочего колеса ЗРК, который управляет сервомотором лопастей рабочего колеса.

Сервомоторы НА соединены с ГЗ трубопроводами 1 и 2 .

ЗРК трубопроводами 5 и 6 соединен с маслоприемником МП, через который осуществляется подача масла к проложенным в полости вала трубопроводам, которые соединены с полостями сервомотора рабочего колеса.

Маслонапорная установка МНУ состоит из маслоборника М с маслонасосами и гидроаккумулятором А и обеспечивает всю систему регулирования маслом под давлением. МНУ соединена с золотниками КУ напорным (3) и сливным (4) трубопроводами

ТРЕБОВАНИЯ К САРТ

При проектировании здания ГЭС колонка управления (КУ) и маслonaпорная установка (МНУ) должны быть расположены таким образом, чтобы длина коммуникаций (трубопроводов) была минимальной и чтобы было обеспечено удобство эксплуатации и ремонта, свободный подход, наличие подъемно-транспортного оборудования



НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-I

1. Сервомоторы НА

Разрабатываются и изготавливаются заводами, выпускающими турбины.

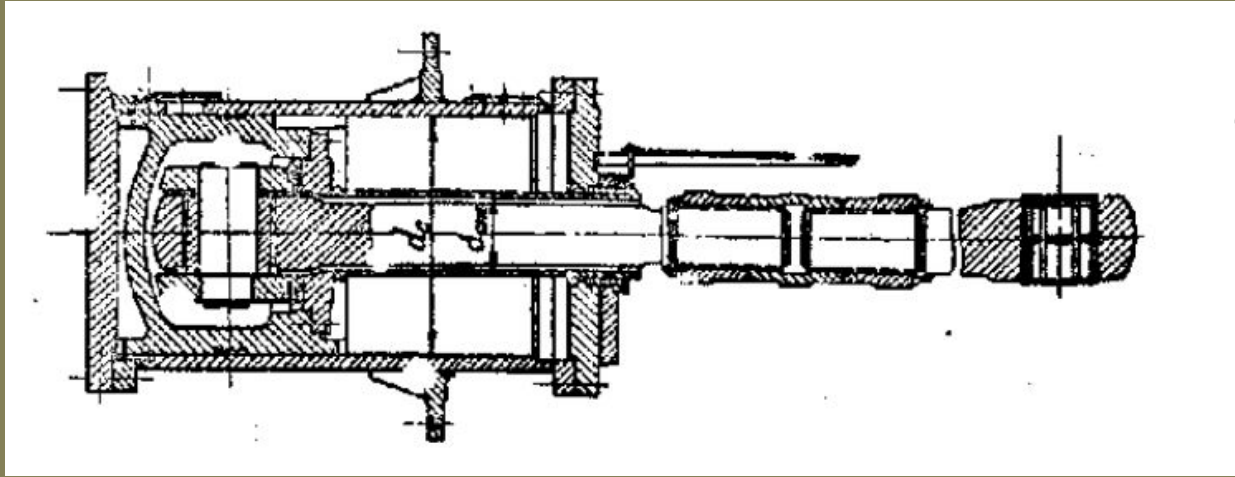
Рассчитываются сервомоторы на определенное давление масла, исходя из двух условий:

1. Необходимо развивать достаточно большие усилия, необходимые для перемещения органов регулирования турбины.
2. Обеспечение требуемого хода для полного диапазона регулирования (открытие НА от нуля до максимального значения)

НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-2

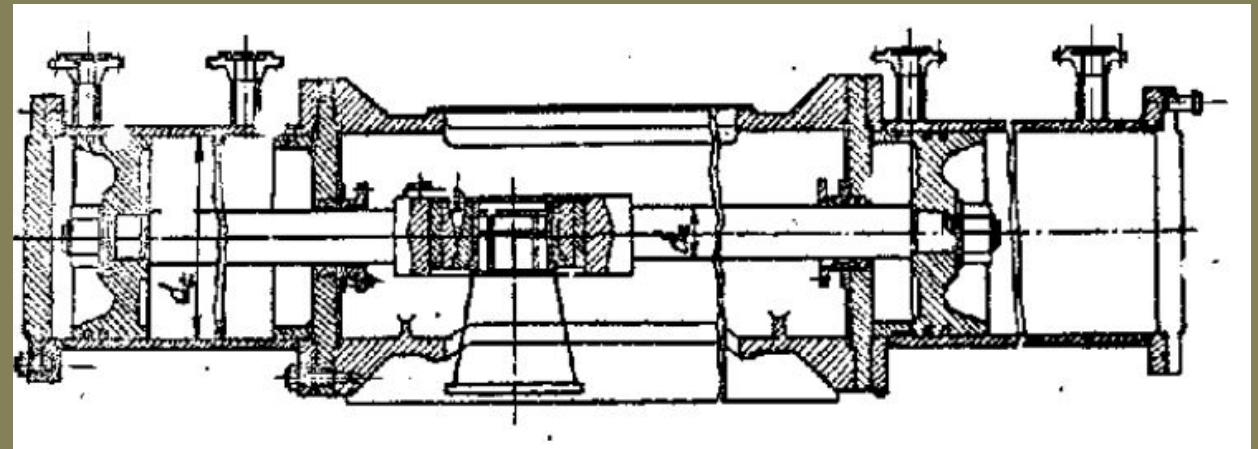
1. Сервомоторы НА

Наибольшее распространение получили два типа сервомоторов



Одиарные поршневые

Сдвоенные поршневые

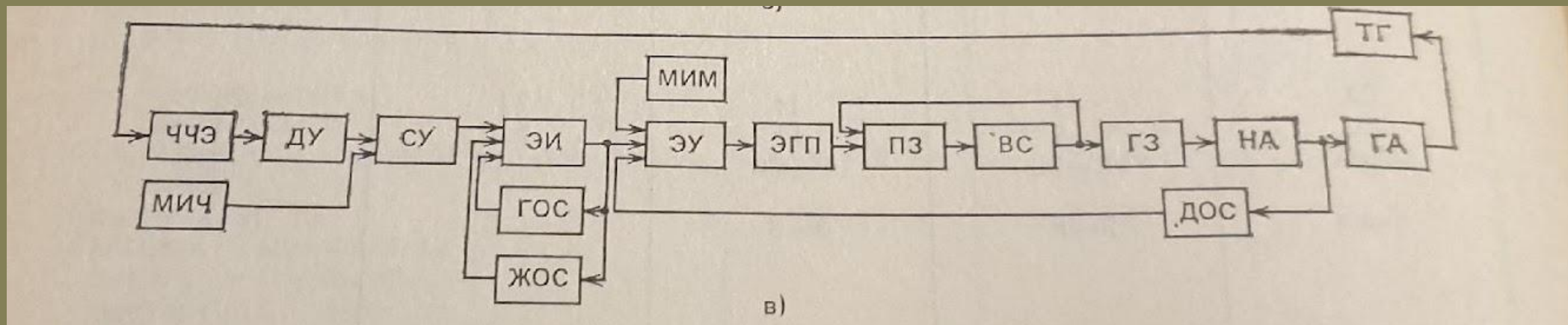


НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-3

2. Регуляторы турбин

Как правило, применяются электрогидравлические, в которых все первичные устройства регулирования осуществлены в виде электрических схем, а вторичные, управляющие устройства, выполнены гидромеханическими

Функциональная схема электрогидравлического регулятора



ЧЧЭ — частотно-чувствительный элемент; МИЧМ — механизм изменения частоты и мощности; СУ — суммирующее устройство; ЭУ — электрический усилитель; ЭГП — электрогидравлический преобразователь; ПЗ — побудительный золотник; ВС — вспомогательный сервомотор; ГЗ — главный золотник; ГОС — гибкая (изодромная) обратная связь; ЖОС — жесткая обратная связь (статизм); НА — направляющий аппарат; ДОС — датчик обратной связи; ГА — гидроагрегат; ТГ — тахогенератор; МИЧ — механизм изменения частоты; МИМ — механизм изменения мощности; ПС — промежуточный сервомотор; ДУ — дифференцирующее устройство; ЭИ — электрический интегратор

НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-4

2. Регуляторы турбин

Производство ЛМЗ

| Тип регулятора | Тип панели электро-оборудования | Тип гидромеханической колонки управления | Годы поставок |
|---|---------------------------------|--|---------------|
| <i>Для радиально-осевых гидротурбин</i> | | | |
| ЭГР-150 | ЭГР | ЭГР-150 | 1961—1963 |
| ЭГР-100-3 | | ЭГР-100-3 | 1964—1965 |
| ЭГР-150-3 | | ЭГР-150-3 | 1965—1966 |
| ЭГР-М-150-3 | ЭГР-М | ЭГР-150-3 | 1967—1971 |
| ЭГР-М-100-3 | | ЭГР-100-3 | 1970—1971 |
| ЭГР-2М-100-4 | ЭГР-2М | ЭГР-100-4 | 1970—1978 |
| ЭГР-2М-150-4 | | ЭГР-150-4 | 1973—1977 |
| ЭГР-И-150-10 | ЭГР-И | ЭГР-150-10 | 1974—1978 |
| ЭГР-1Т-100-4 | ЭГР-1Т | ЭГР-100-4 | 1975—1978 |
| ЭГР-1Т-100-5 | | ЭГР-100-5 | 1976, 1980 |
| ЭГР-1Т-150-4 | | ЭГР-150-4 | 1980—1982 |
| ЭГР-2И-10-7 * | ЭГР-2И | ЭГР-10-7 | 1977—1982 |
| ЭГР-2И1-100-4 | ЭГР-2И1 | ЭГР-100-4 | С 1983 |
| ЭГР-2И1-150-4 | | ЭГР-150-4 | С 1983 |
| ЭГР-2И1-100-11 | | ЭГР-100-11 | С 1985 |
| ЭГР-2И1-150-11 | | ЭГР-150-11 | С 1985 |
| | | | |

НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-5

2. Регуляторы турбин

Производство ЛМЗ

| Для поворотно-лопастных гидротурбин | | | |
|-------------------------------------|---------|------------|------------|
| ЭГРК-100 | ЭГР | ЭГРК-150 | 1961—1964 |
| ЭГРК-100 | | ЭГРК-100 | 1963—1965 |
| ЭГРК-150-2 | | ЭГРК-150-2 | 1965—1966 |
| ЭГРК-100-2 | | ЭГРК-100-2 | 1966, 1969 |
| ЭГРК-М-150-2 | ЭГР-М | ЭГРК-150-2 | 1967—1971 |
| ЭГРМК-М-100-2 | | ЭГРК-100-2 | 1968—1971 |
| ЭГРК-2М-100-4 | ЭГР-2М | ЭГРК-100-4 | 1970—1973 |
| ЭГРК-2М-250-3 | | ЭГРК-250-3 | 1970 |
| ЭГРК-2М-150-4 | | ЭГРК-150-4 | 1972—1976 |
| ЭГРК-2М-200-3 | | ЭГРК-200-3 | 1972—1977 |
| ЭГРК-1Т-150-4 | ЭГР-1Т | ЭГРК-150-4 | 1975—1982 |
| ЭГРК-1Т-150-5 | | ЭГРК-150-5 | 1976 |
| ЭГРК-1Т-100-4 | | ЭГРК-100-4 | 1976—1982 |
| ЭГРК-1Т-200-6 | | ЭГРК-200-6 | 1978—1982 |
| ЭГРК-2И1-100-4 | ЭГР-2И1 | ЭГРК-100-4 | С 1983 |
| ЭГРК-2И1-150-4 | | ЭГРК-150-4 | С 1983 |
| Для ковшовых гидротурбин | | | |
| КЭГР-70 | ЭГР | КЭГР | 1968 |
| ЭГР-2И1-10-6 ** | ЭГР-2И1 | ЭГР-10-6 | С 1985 |
| Для насос-турбин | | | |
| ЭГР-2И1-10-8 * | ЭГР-2И1 | ЭГР-10-8 | С 1983 |
| ЭГР-2И1-150-9 *** | | ЭГР-150-9 | С 1984 |

* Регулятор рассчитан на давление в МНУ 6,3 МПа для привода индивидуальных сервомоторов.

** Регулятор для привода индивидуальных сервомоторов сопл и отсекателей.

*** Регулятор рассчитан на давление в МНУ 6,3 МПа.

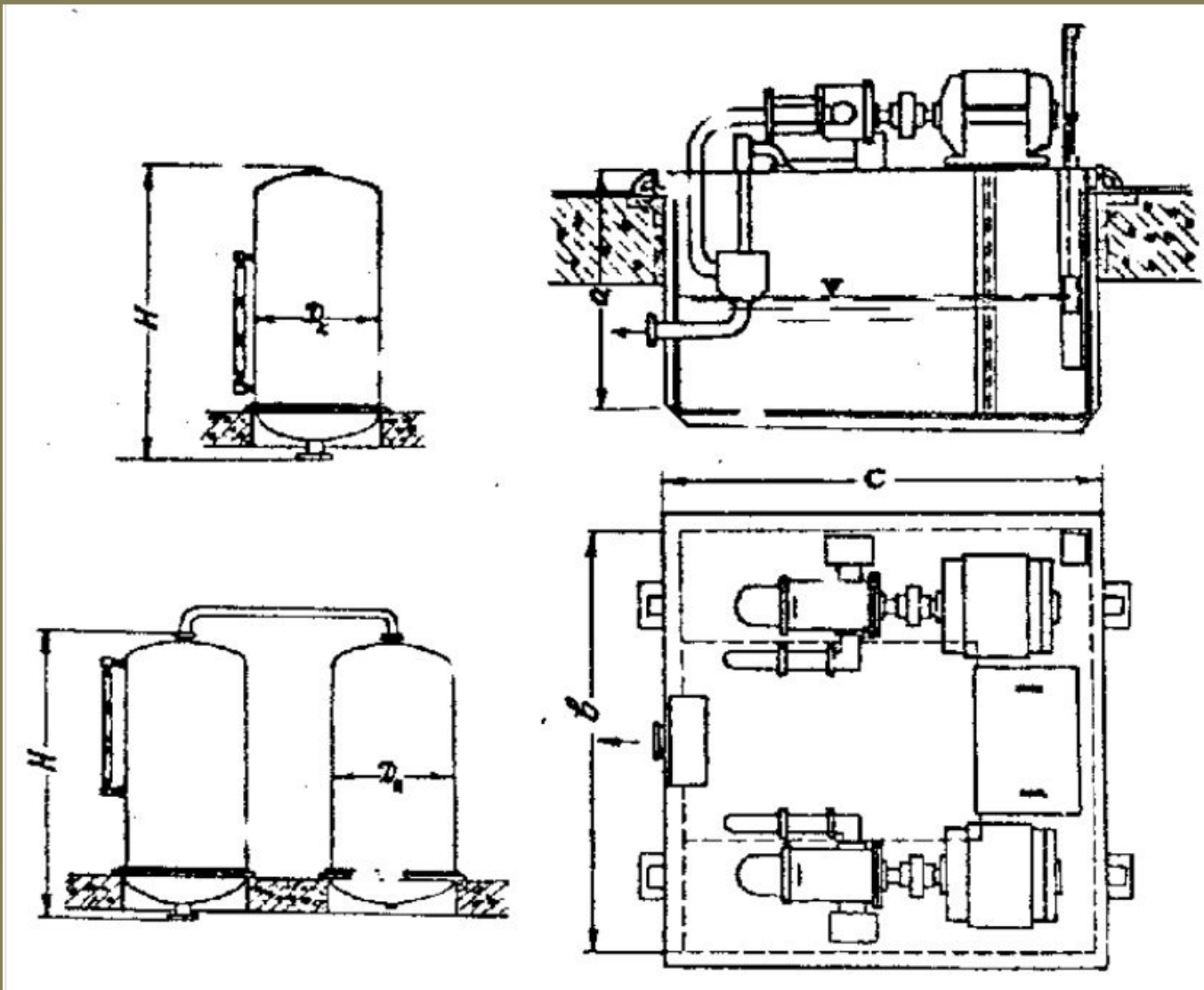
НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-5

2. Регуляторы турбин

| Параметр | Тип панели | |
|--|----------------|-----------|
| | ЭГР-1Т | ЭГР-2И1 |
| Минимальная мертвая зона i_x , % | 0,025 | 0,01 |
| Искусственно вводимая мертвая зона f_d , % | $0 \div \pm 2$ | $\pm 0,5$ |
| Диапазон устройства задания частоты на холостом ходу, % | ± 10 | ± 10 |
| Точность поддержания частоты на холостом ходу, % | $\pm 0,2$ | $\pm 0,2$ |
| Постоянная времени изодрома T_d , с | 0—25 | 0—20 |
| Временная неравномерность регулятора b_t , % | 0—100 | 0—100 |
| Статизм регулятора b_p , % | 0—10 | 0—10 |
| Постоянная времени ускорения T_n , с | 0—1 | 0—1,5 |
| Коэффициент, характеризующий частотный диапазон действия ускорения K | 0,1 | 0,1 |
| Коэффициент усиления частотно-чувствительного элемента k_0 | 1 | 1 |
| Постоянная времени интегрирующего усилителя T_{y1} , с | 0,03 | 0,02 |
| Постоянная времени интегратора мощности T_P , с | — | 0—50 |
| Постоянная времени сервомотора следящей системы регулятора T_y , с | 0,2—0,55 | |

НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-6

3. Маслонапорные установки



МУ состоят из маслоборника М, заполненного маслом до уровня, показываемого поплавковым указателем, винтовых маслонасосов с электродвигателями и масловоздушного гидроаккумулятора А, примерно $2/3$ объема которого заполнено сжатым воздухом и $1/3$ – маслом

Пополнение масла в котле осуществляется насосом, который перекачивает его из маслоборника в котел, уровень масла в котле виден по маломерному стеклу.

Для большей надежности устанавливаются два насоса: рабочий и резервный

НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-7

3. Маслонапорные установки

Маслонапорные установки с номинальным давлением 4 МПа

| Марки и показатели МНУ* | Гидроаккумулятор | | | | Масляный насос | | Маслосборник, мм | | | Масса, т | |
|-------------------------------|--|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------|-------------|------|
| | Объем номи- наль- ный, м ³ | Число котлов | Диаметр котла \varnothing , мм | Высота Н, мм | Поддача, л/с | Мощность кВт | а | в | с | | |
| МНУ 1,6/1-40 | 1,6 | 1 | 1040 | 2060 | 3,5 | 18,5 | 1000 | 1800 | 1600 | 4,5 | |
| МНУ 2,5/1-40 | 2,5 | 1 | 1148 | 2660 | 6,2 | 33 | 1100 | 2200 | 1800 | 6,0 | |
| МНУ 4/1-40 | 4,0 | | 1452 | 2500 | | | | | | 7,5 | |
| МНУ 6,3/1-40 | 6,3 | 1 | 1664 | 3050 | 8,9 | 53 | 1300 | 2500 | 2500 | 10,6 | |
| МНУ 8/1-40 | 8,0 | | 1860 | 3100 | | | | | | 11,5 | |
| МНУ 10/1-40 | 10,0 | 1 | 2064 | 3140 | 13,9 | 72 | 1600 | 2800 | 2800 | 15,2 | |
| МНУ 12,5/1-40 | 12,5 | 1 | 2272 | 3230 | | | 1600 | | 2800 | 17,2 | |
| МНУ 16/1-40 | 16,0 | 1 | 2280 | 4090 | | | 1600 | | 2800 | 3600 | 18,6 |
| МНУ 16/2-40 | 8,0 | 2 | 1860 | 3030 | | | 2000 | | 3600 | 21,1 | |
| МНУ 20/2-40 | 10,0 | 2 | 2064 | 3080 | | | 2000 | | 3600 | 23,3 | |
| МНУ 25/2-40 | 12,5 | 2 | 2272 | 3136 | 17,5 | 100 | 2500 | 3000 | 4200 | 33,0 | |
| МНУ 30/2-40 | 15,0 | | 2480 | 3160 | | | | | | 37,0 | |
| МНУ 36/2-40 | 18,0 | | 2480 | 3800 | | | | | | 42,0 | |

* Последняя цифра в маркировке - давление в кгс/см².