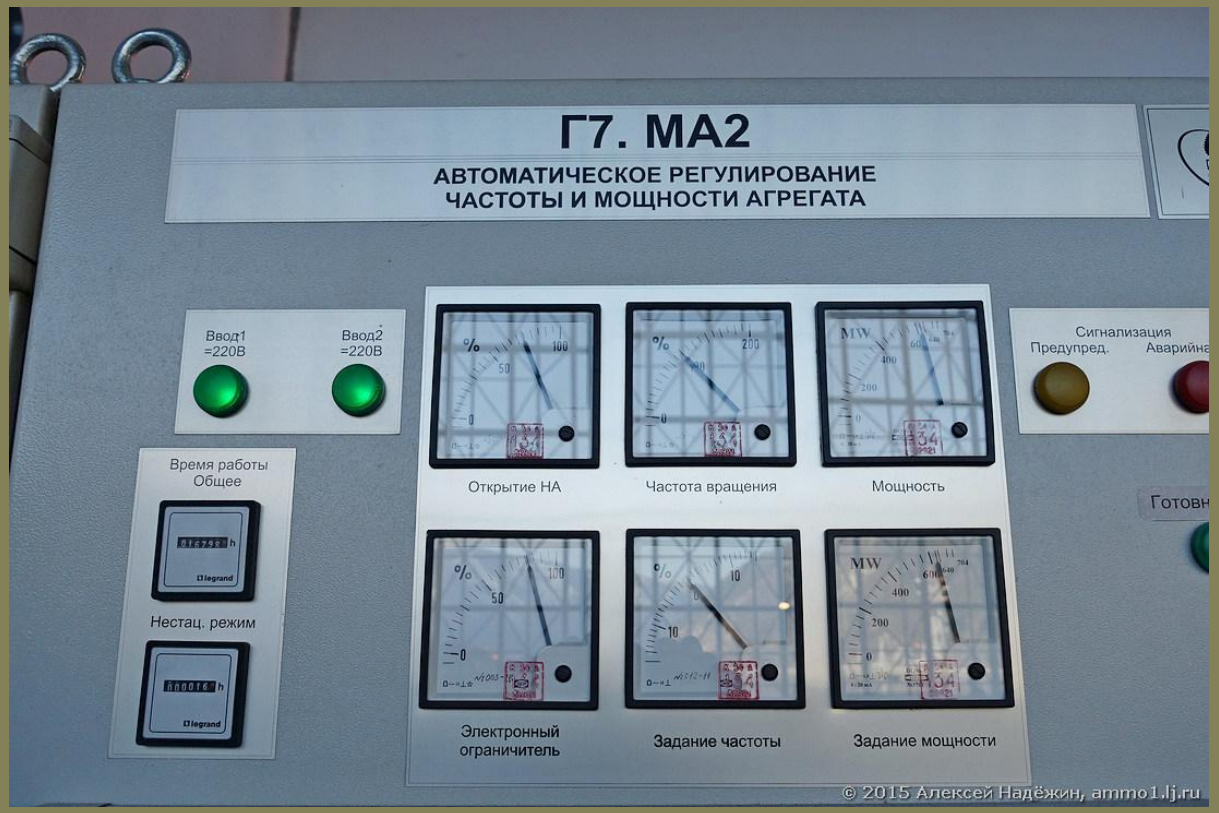
ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

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

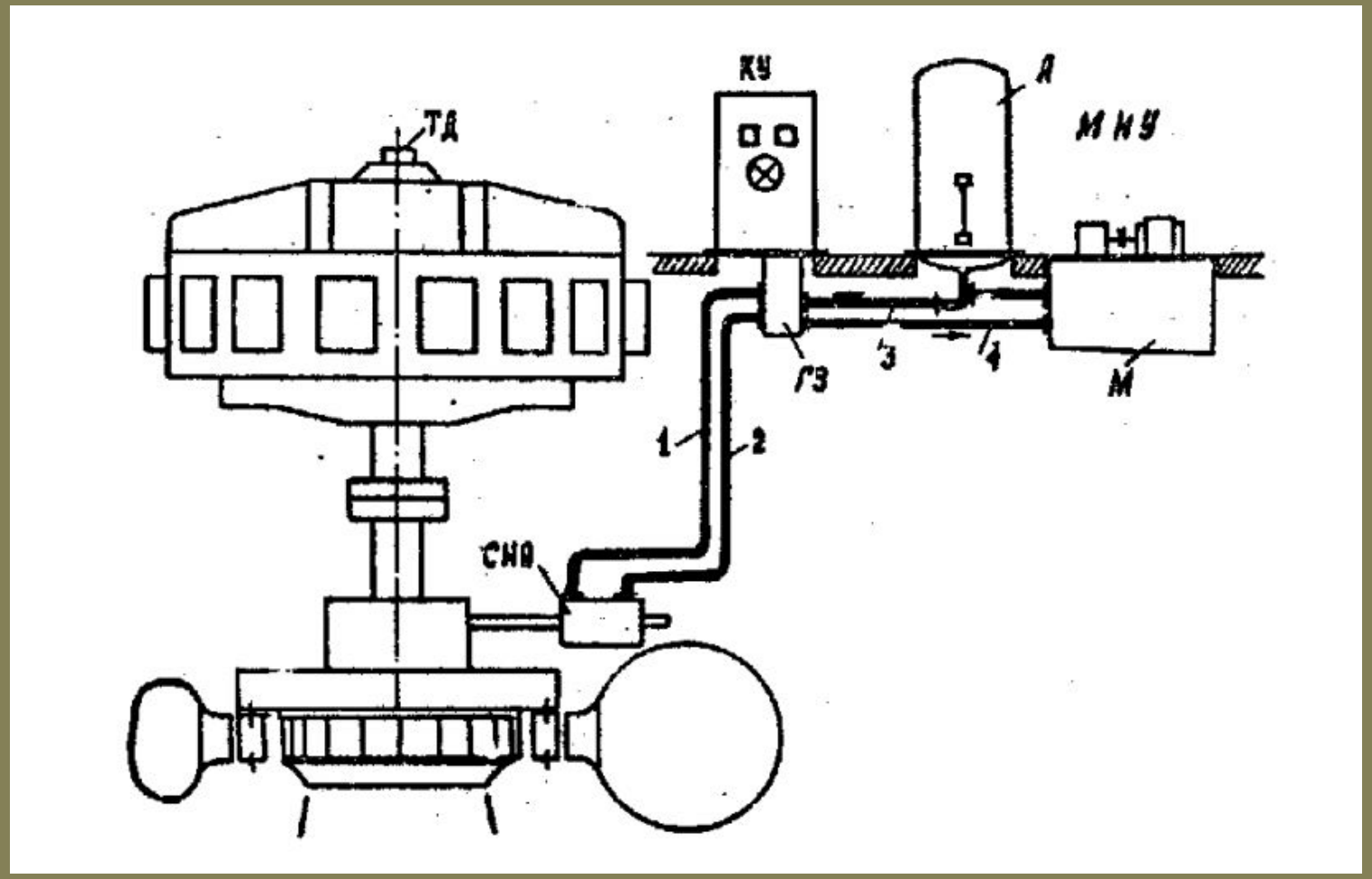
В состав САРТ входят: регулятор частоты вращения; маслонапорная установка с аппаратурой автоматического управления; аппаратура автоматического управления турбиной

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМАШИНАМИ

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

1. Управляющие – колонка управления (КУ), которая состоит из устройств воспринимающих внешние воздействия и сигналы, передаваемые на регулятор, и отрабатывающих 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 сопл и дефлекторов активных турбин)
3. Энергетические – маслонапорная установка, которая обеспечивает энергоносителем (маслом под давлением) сервомоторы и распределительные устройства (золотники)

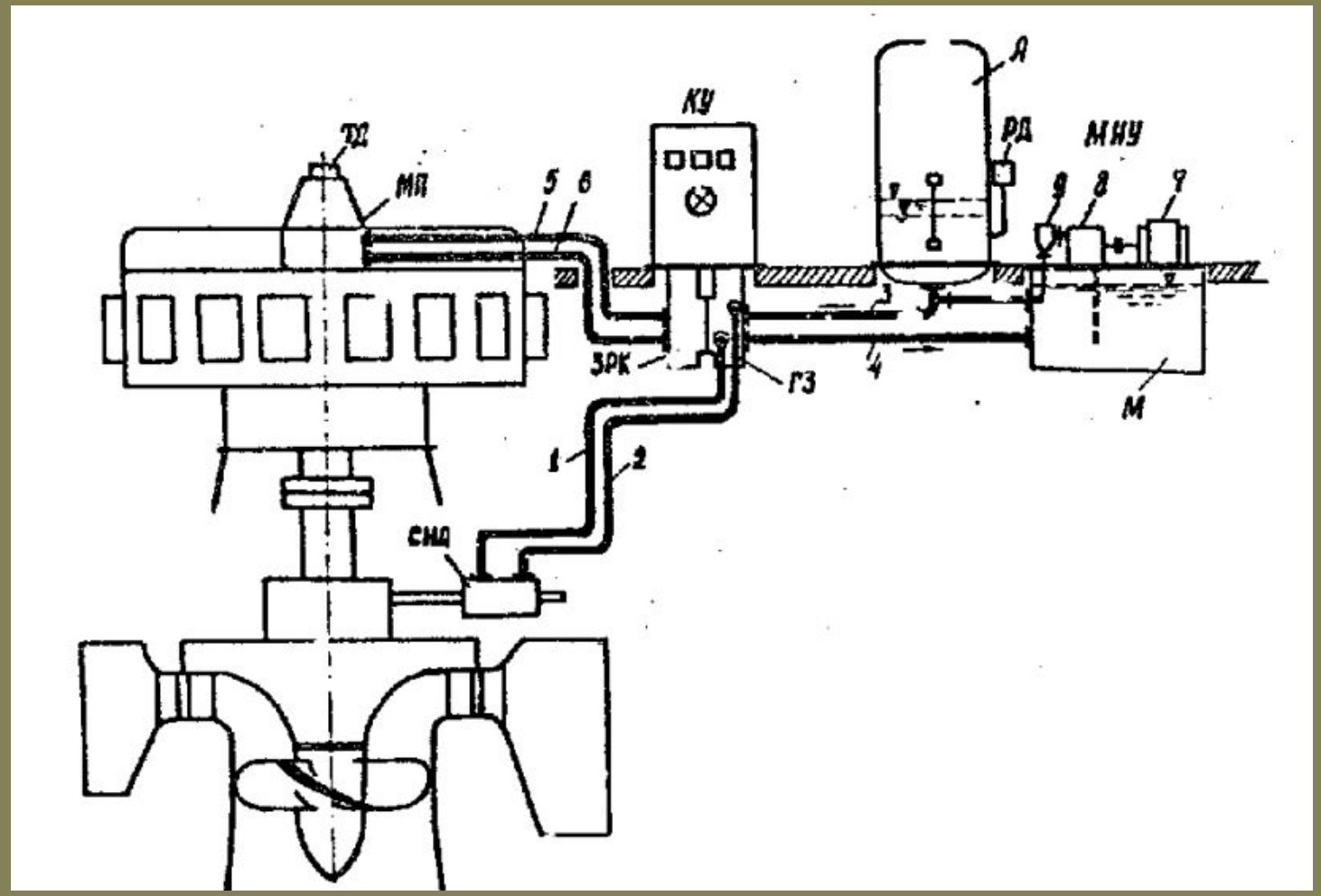
СХЕМА САРТ АГРЕГАТОВ С РО ИЛИ ПР ТУРБИНАМИ



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 (масловоздушный)

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

СХЕМА САРТ АГРЕГАТОВ С ПЛ ТУРБИНАМИ



КУ – колонка управления (регулятор) связана с таходинамо 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 маслосборника 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 маслонапорная 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-1

1. Сервомоторы НА

Разрабатываются и изготавливаются заводами, выпускающими турбины.

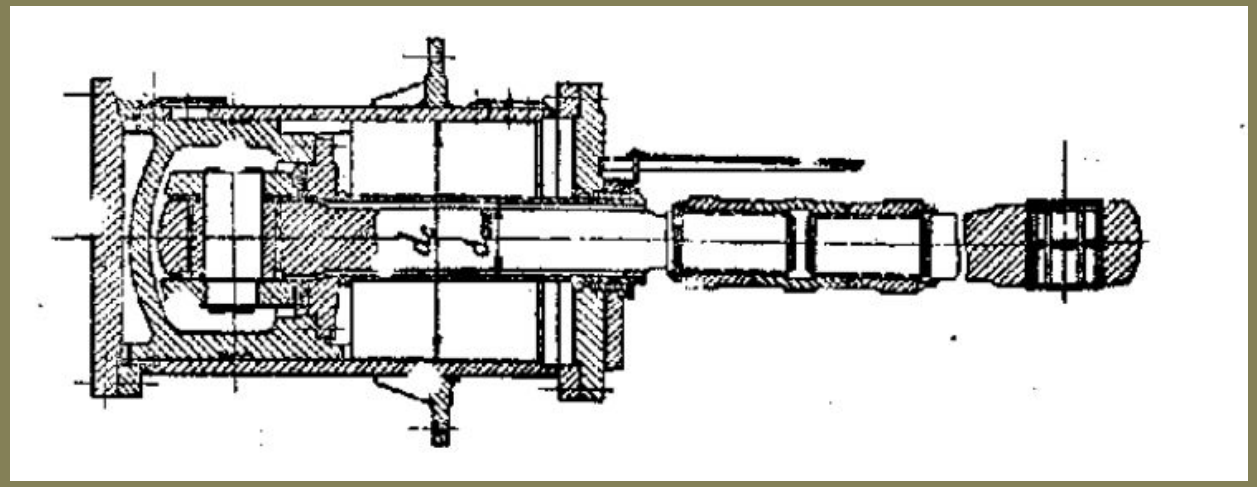
Рассчитываются сервомоторы на определенное давление масла, исходя из двух условий:

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

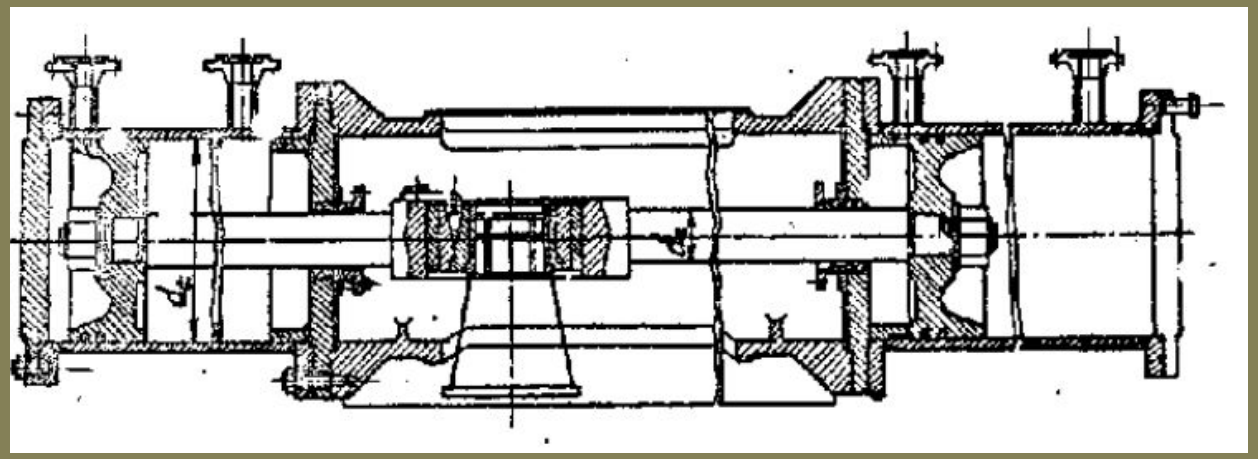
1. Сервомоторы НА

Наибольшее распространение получили два типа сервомоторов



Одинарные поршневые

Сдвоенные поршневые

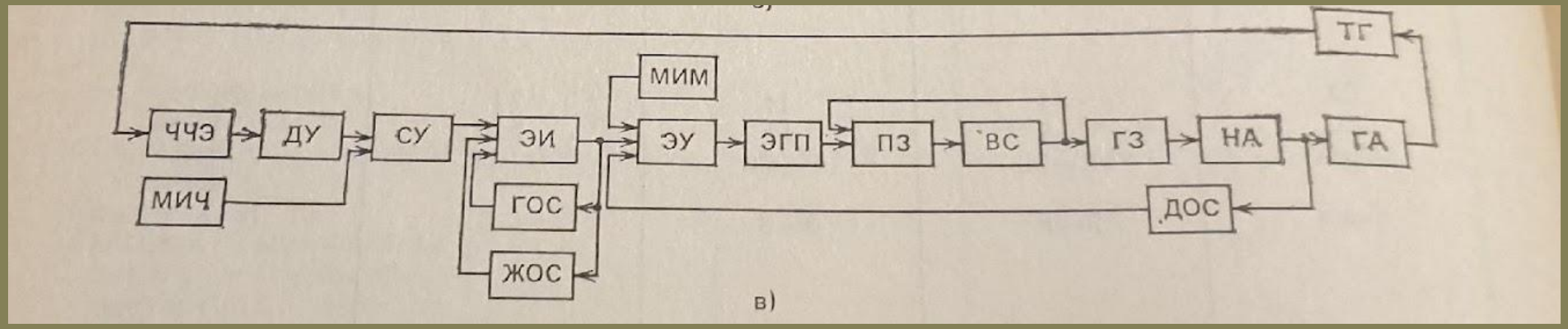


НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-3

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
Для радиально-осевых гидротурбин			
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 серво-моторов.

** Регулятор для привода индивидуальных сервомоторов сопл и отсекателей.

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

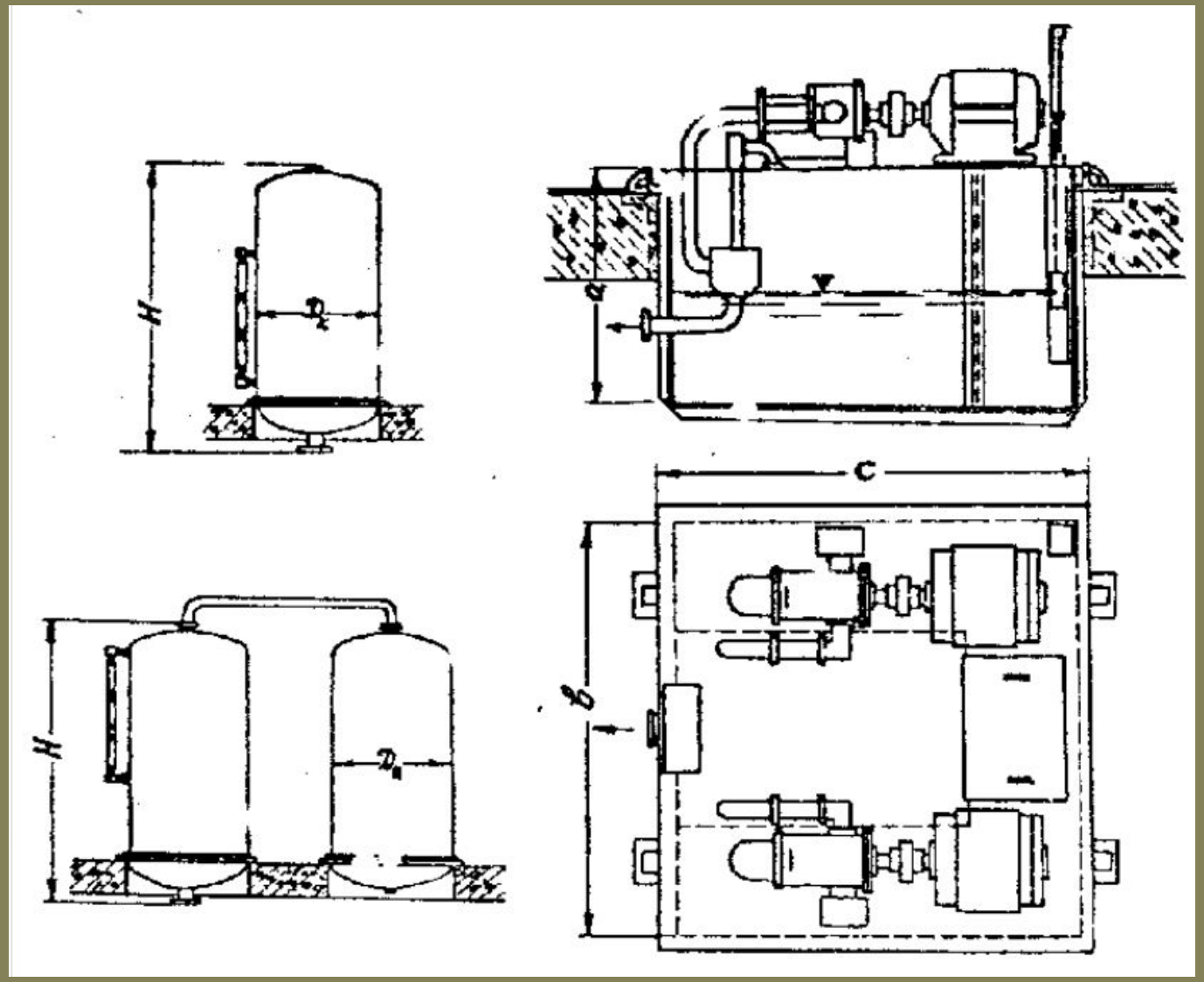
НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-5

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 ÷ ±2	±0,5
Диапазон устройства задания частоты на холостом ходу, %	±10	±10
Точность поддержания частоты на холостом ходу, %	±0,2	±0,2
Постоянная времени изодрома T_d, с	0—25	0—20
Временна́я 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 маслосборника 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 маслосборника 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 номинальный, м³	Число котлов	Диаметр котла D, мм	Высота H, мм	Подача, л/с	Мощность кВт	a	в	c	
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		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.