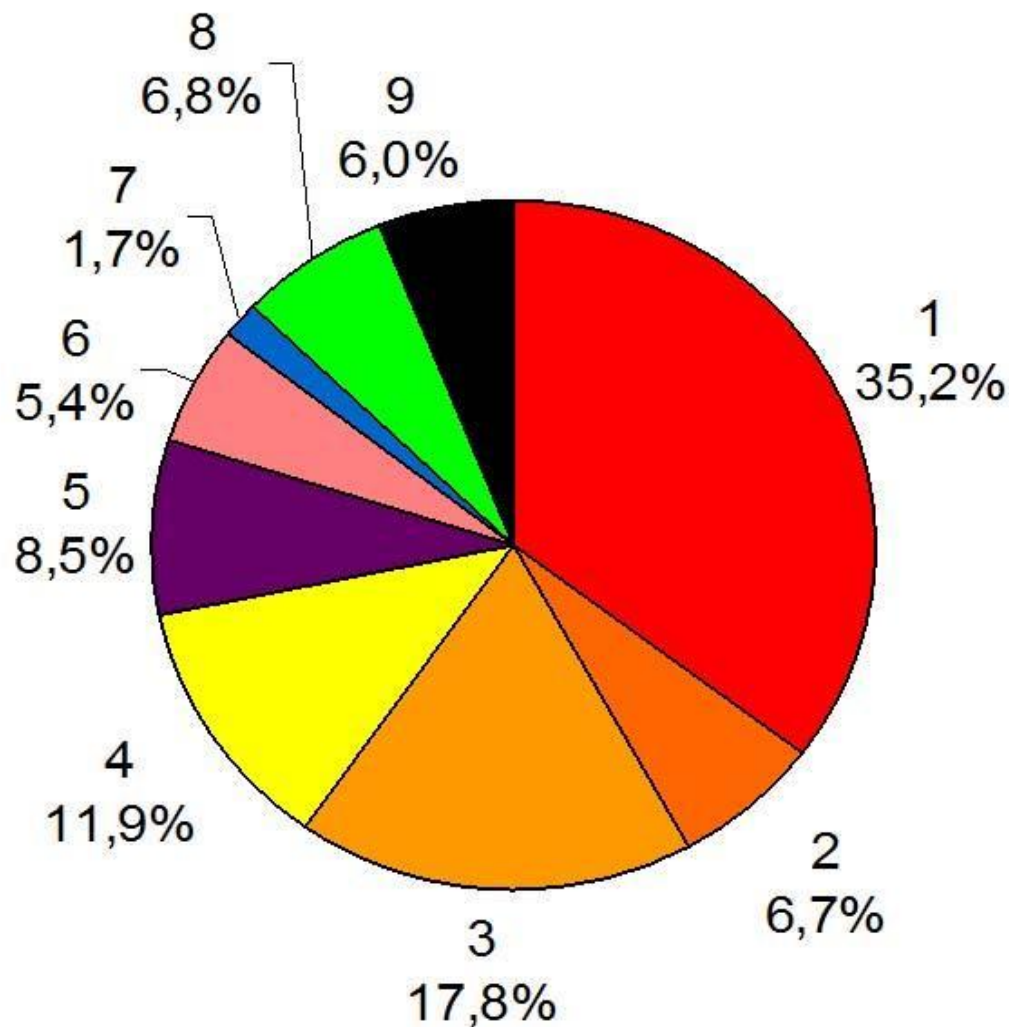


Введение в курс

«Основы эксплуатации ЭЧС электростанций»



- 1 – плохая организация технического обслуживания;
- 2 – ошибки действий оперативного персонала;
- 3 – ошибки действий руководящего, ремонтного персонала, а также персонала служб и лабораторий;
- 4 – дефекты ремонта;
- 5 – дефекты производства;
- 6 – дефекты проекта и конструкции;
- 7 – дефекты монтажа, строительства;
- 8 – влияние сторонних организаций;
- 9 – стихийные явления..

Рис. В.1 – Диаграмма распределения аварийности на электростанциях и подстанциях (2006 год).

Синхронные генераторы

$$n = 60 f / p, \quad (1-1)$$

где n - скорость вращения электромагнитного поля ротора;
 f - частота переменного тока;
 p - число пар полюсов генератора.

Меньшая частота вращения вала турбины позволяет применить в выхлопных ступенях лопатки большей длины и увеличить тем самым предельную мощность турбины, ограниченную механическими напряжениями в материале лопаток последних ступеней.

Такая необходимость увеличения площади лопаток возникает в следующих случаях:

- при низких начальных параметрах пара (АЭС) ;
- при конструировании особо мощных турбин (1,2 ГВт и более), а также *двухвальных турбин*, с мощностью, не осуществимой сегодня в одновальном исполнении.

Двухвальные турбоагрегаты, имеющие широкое распространение в США, у нас не применяются из-за пониженного к.п.д. и сложности их эксплуатации по сравнению с одновальными.

Число пар полюсов не может быть дробным, и поэтому следующая частота вращения - 1500 об/мин, соответствующая четырехполюсному исполнению генератора.

Кроме частоты вращения, определяющей совместно с числом пар полюсов номинальную частоту генератора, синхронные генераторы характеризуются другими номинальными параметрами, основными из которых являются активная и реактивная мощности.

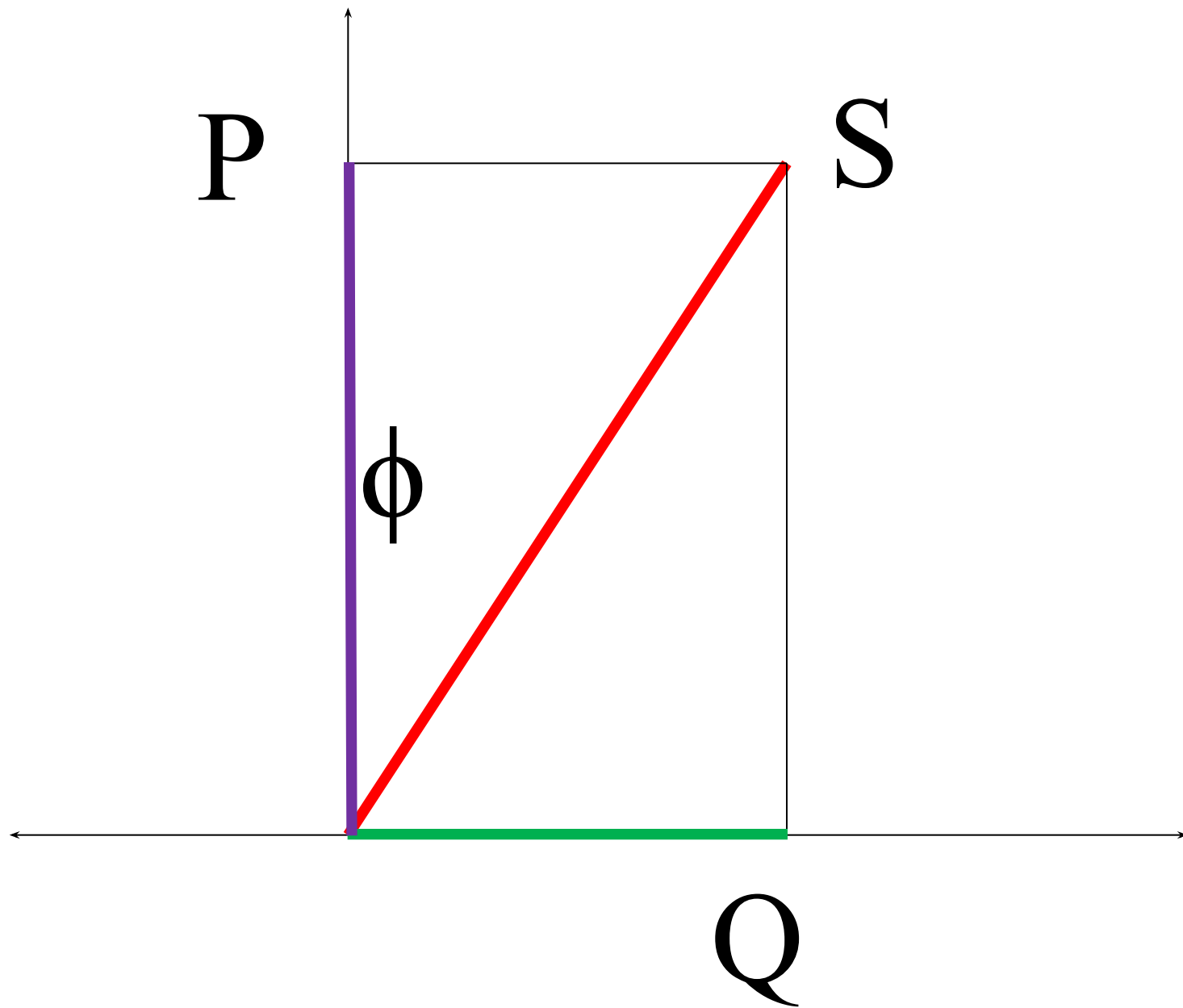
Синхронные генераторы

Номинальная полная мощность

$$S_H = \sqrt{3} U_H I_H, \quad (1-2)$$

Номинальная активная мощность

$$P_H = \sqrt{3} U_H I_H \cos \varphi. \quad (1-3)$$



Синхронные генераторы

S , МВ.А: 3,125; 5,0; 7,5; 15,0; 40;
78,75; 125,0

при
 $\cos \varphi = 0,8;$

S , МВ.А: 188,0; 235,0; 353,0; 588,2;
941,0

при
 $\cos \varphi = 0,85;$

S , МВ.А: 888,9 ; 1111,1; 1333,3

при
 $\cos \varphi = 0,9;$

P , МВт: 2,5; 4,0; 6,0; 12,0; 32; 63,0; 100,0; 160,0;
200,0; 300,0; 500,0; 800,0; 1000,0; 1200,0.

Синхронные генераторы

Номинальные значения реактивной мощности турбогенераторов не нормируются ГОСТ, они определяются, как:

$$Q_p = S_n \sin \varphi; \quad (1-4)$$

$$Q_p = P_n \operatorname{tg} \varphi. \quad (1-5)$$

Синхронные генераторы

Основные технические данные и характеристики генератора ТВВ-1000-4У3		
<i>Показатель</i>	<i>Единицы измерения</i>	<i>Значение</i>
Мощность полная	кВт	1111000
Мощность активная	кВт	1000000
Напряжение	В	24000
Ток статора	А	26730
Ток ротора (расчетный)	А	7000
Напряжение ротора (расчетное)	В	470
Схема соединения обмоток статора		двойная звезда
Коэффициент полезного действия	%	98,7
Частота вращения ротора	об/мин	1500
Частота	Гц	50
Масса ротора	кг	156000

Синхронные генераторы

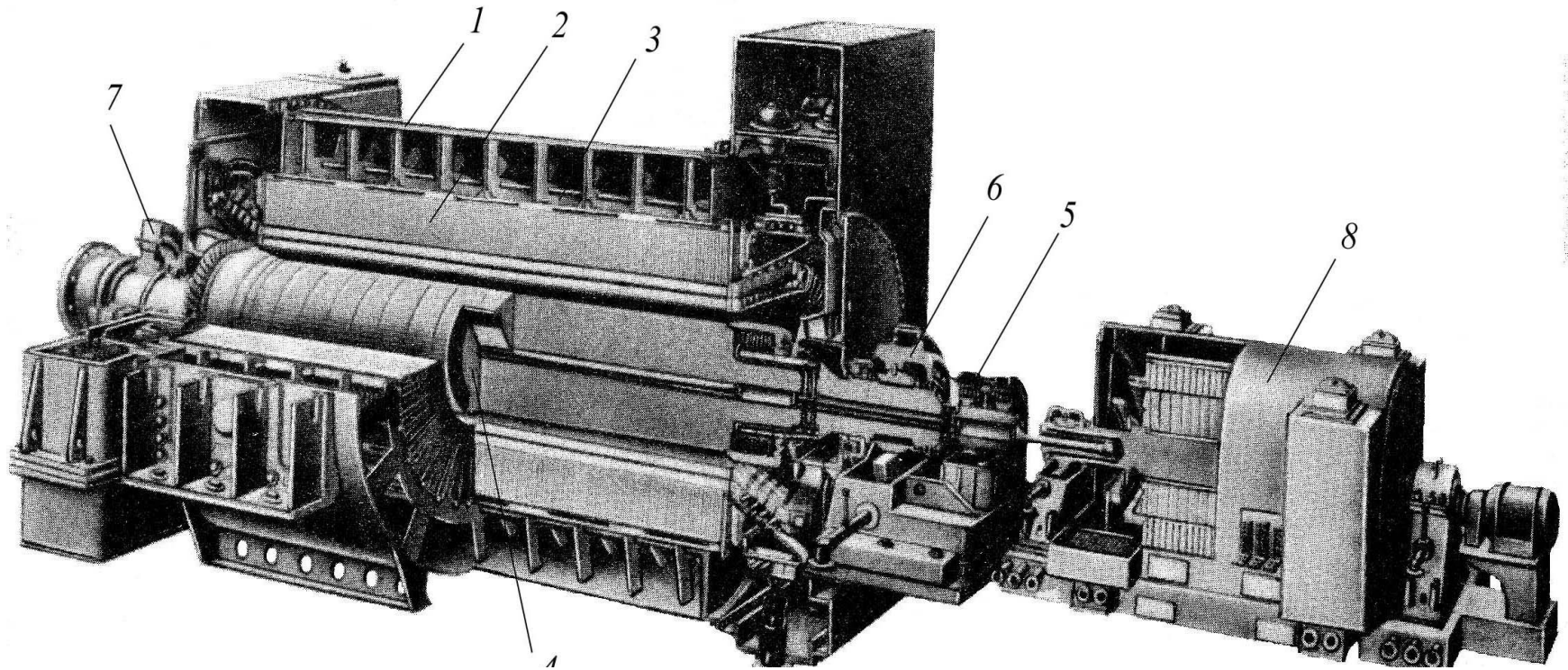


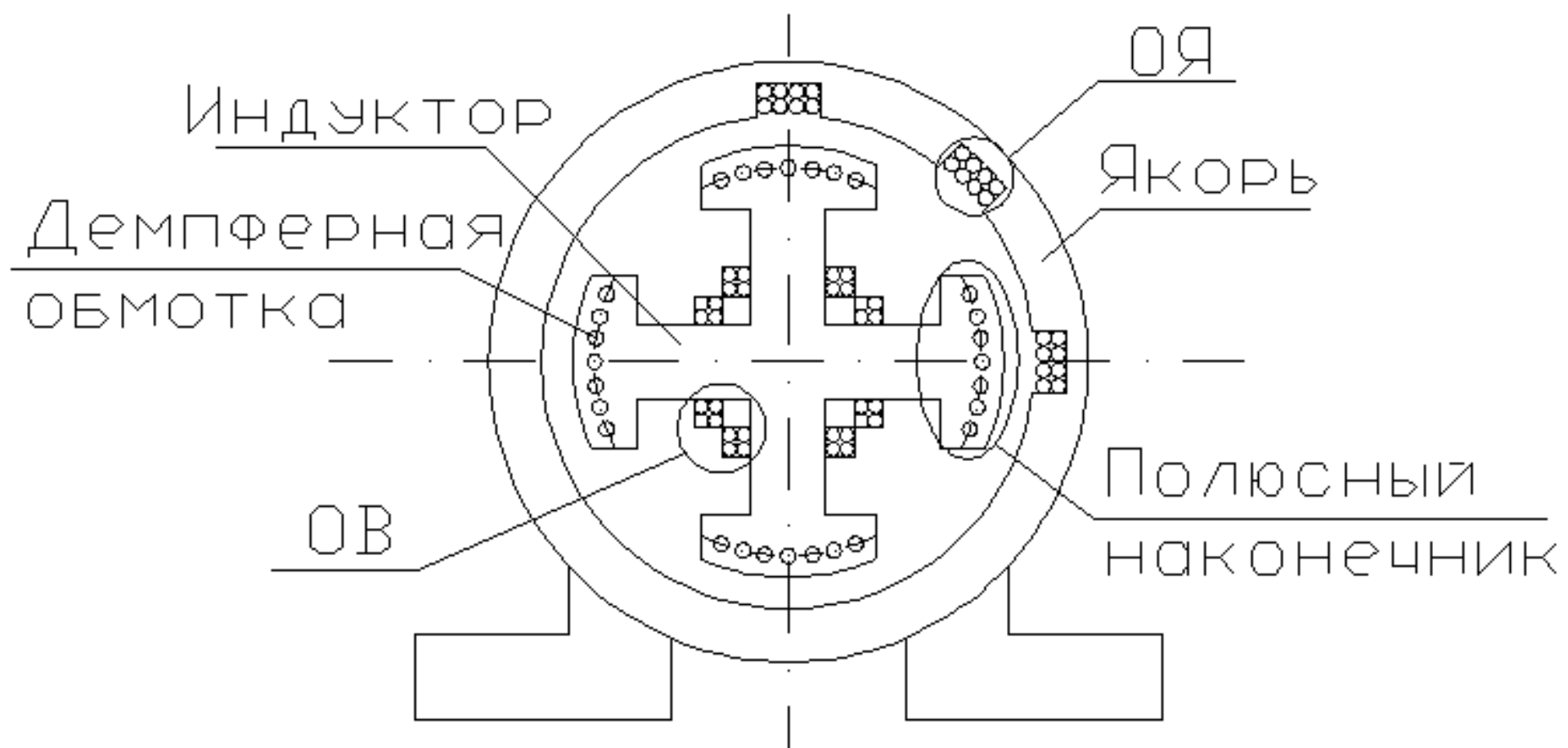
Рис. 1.1. Общий вид синхронного турбогенератора

1 - корпус статора, 2 - сердечник статора, 3 - обмотка статора, 4 - ротор, 5 - контактные кольца и щеточный аппарат, 6, 7 - подшипники, 8 - возбудитель.

Синхронные генераторы



Рис 1.2 Внешний вид турбогенератора ТГ-6 Запорожской АЭС типа ТВВ-1000-4УЗ.



Синхронные генераторы

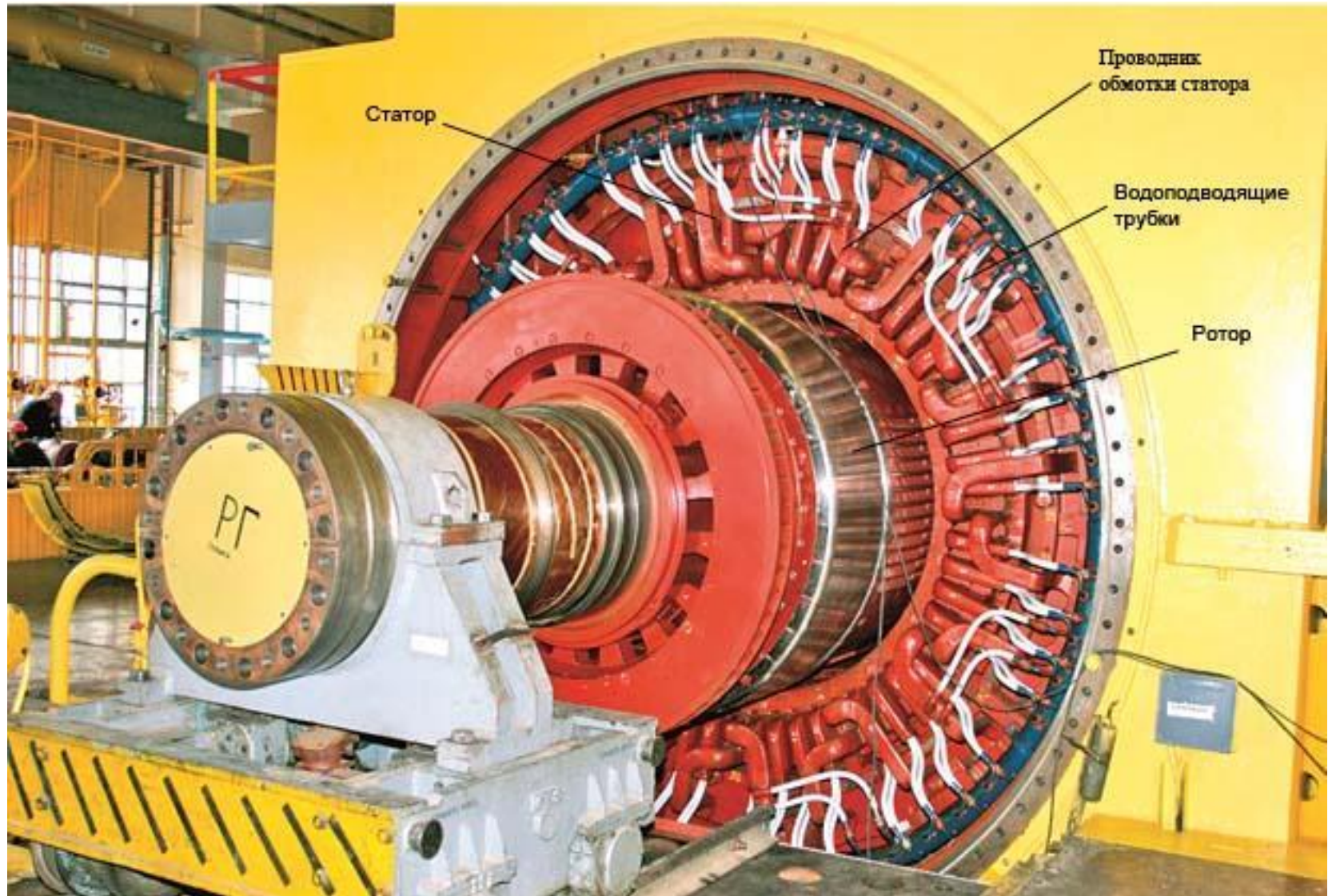


Рис 1.4 Вид турбогенератора ТВВ-1000-4УЗ со снятой крышкой

Синхронные генераторы

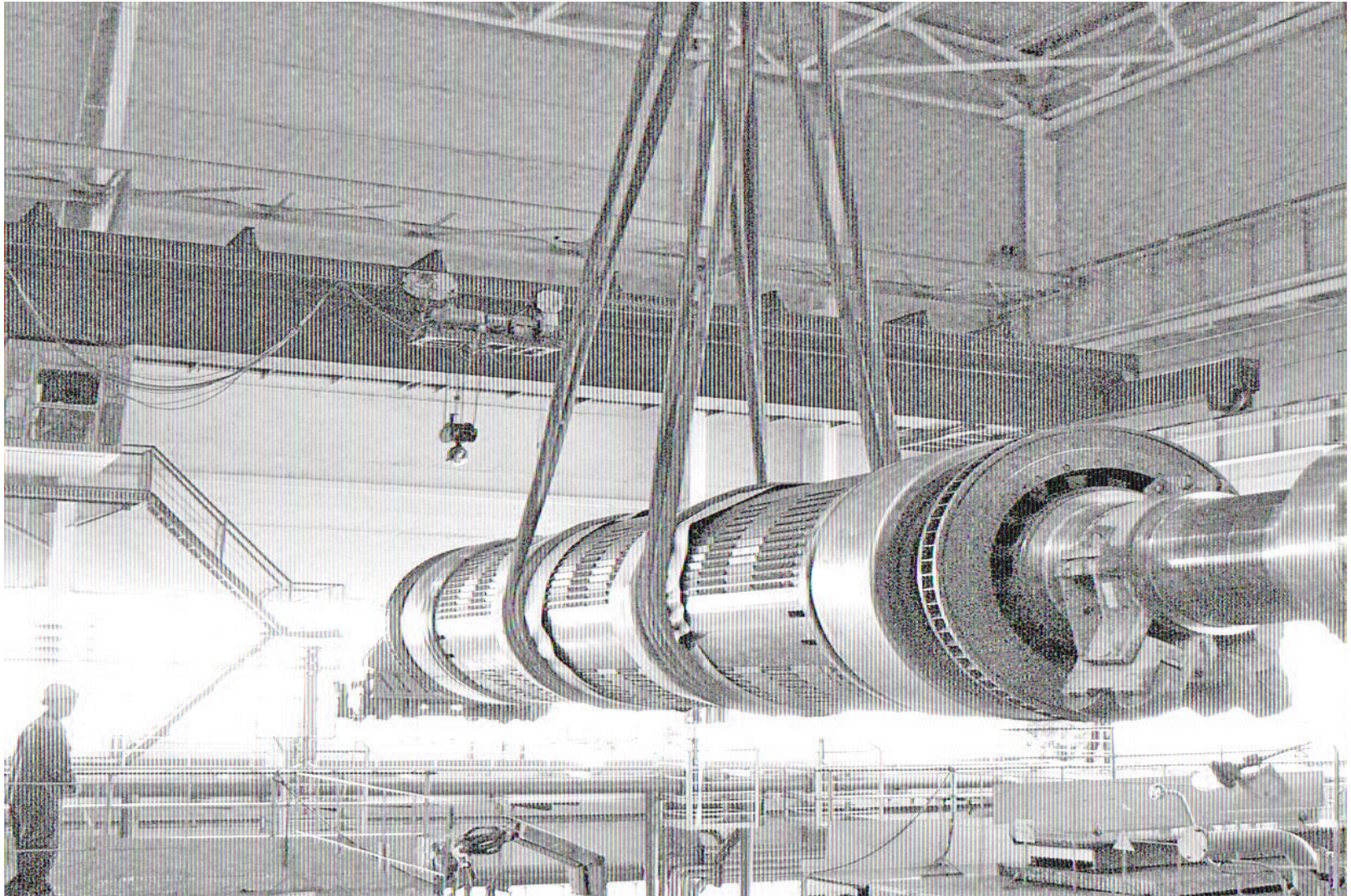
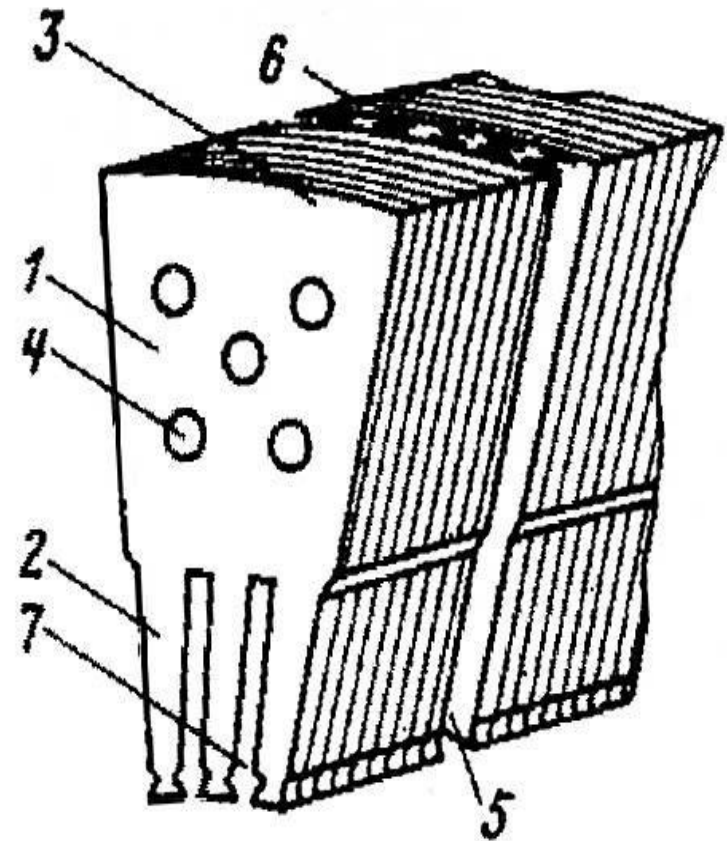


Рис. 1.6. Внешний вид ротора турбогенератора

Синхронные генераторы

Рис. 1.2. Сегментный пакет статора турбогенератора :

1 - сегмент; 2 - зубец сегмента; 3 - спинка сегмента; 4 - аксиальный вентиляционный канал; 5 - радиальный вентиляционный канал; 6 - распорка; 7 - паз статора.



Синхронные генераторы

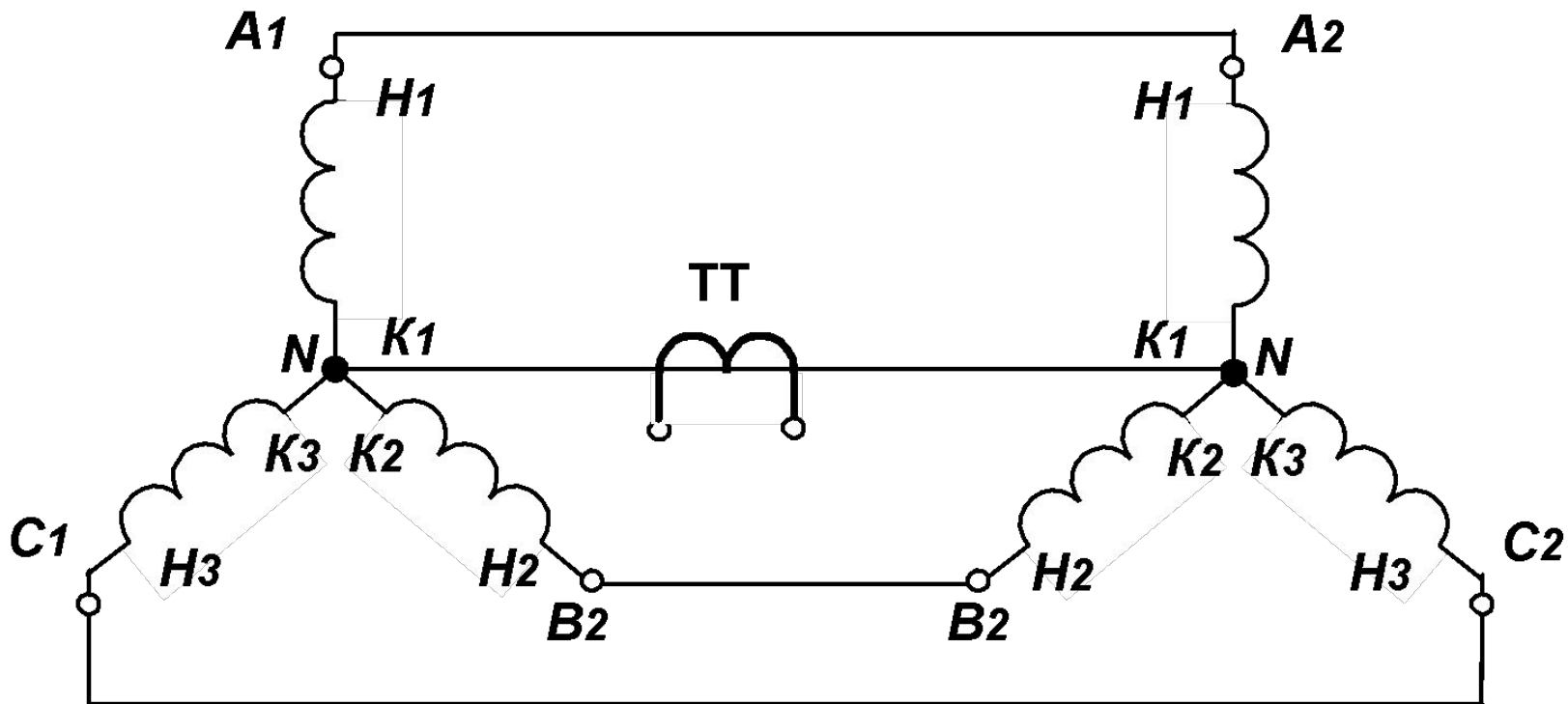


Рис 1.3. Схема соединения обмоток статора “двойная звезда”

Синхронные генераторы

Рис. 1.7. Схематический разрез по пазу турбогенератора :

а - паз статора при косвенном охлаждении;

б - паз статора при непосредственном охлаждении;

в - паз ротора при косвенном охлаждении;

г - паз ротора при непосредственном охлаждении

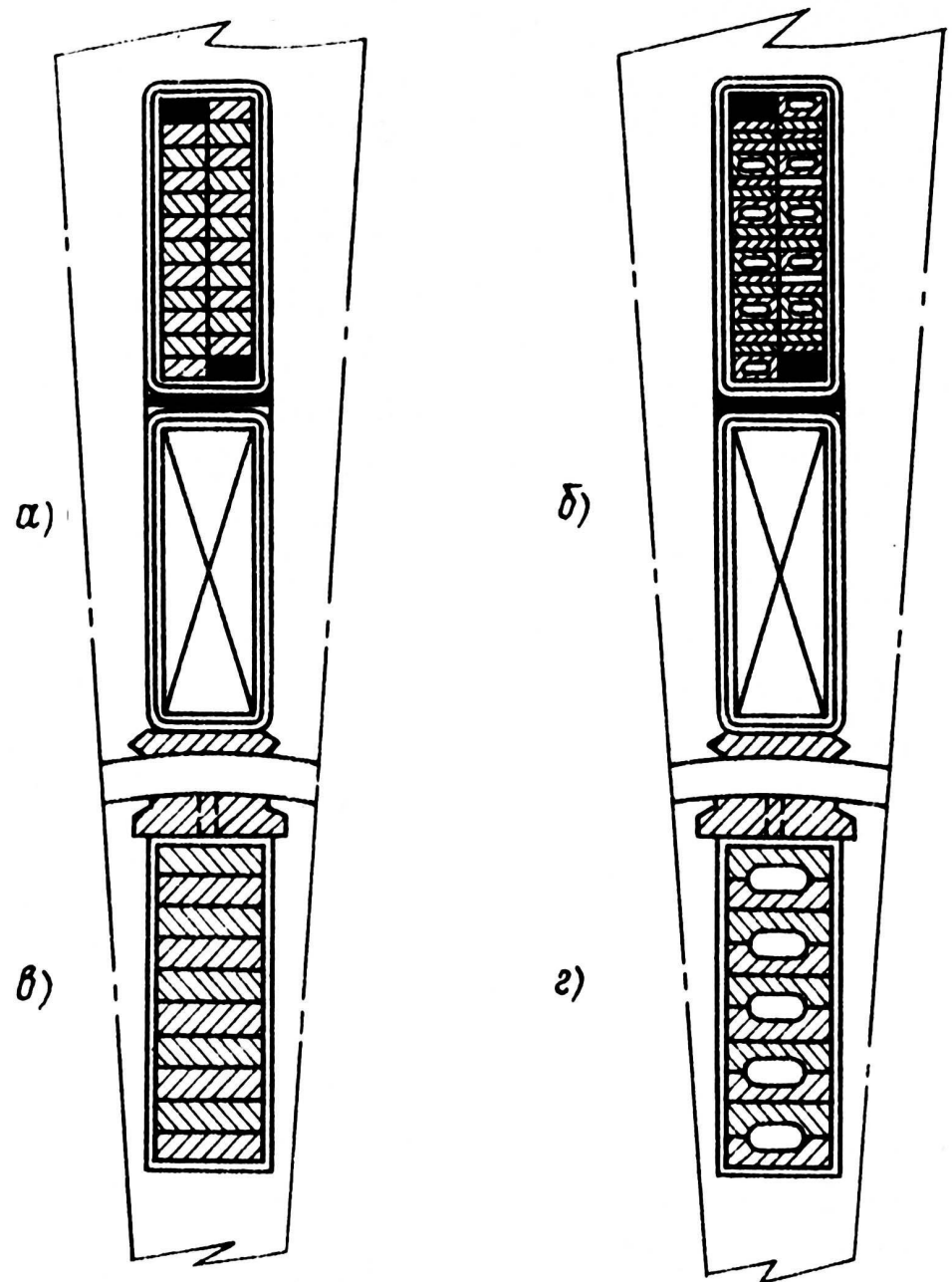


Рис. 20.3. Схематический разрез пазов турбо-

Синхронные генераторы

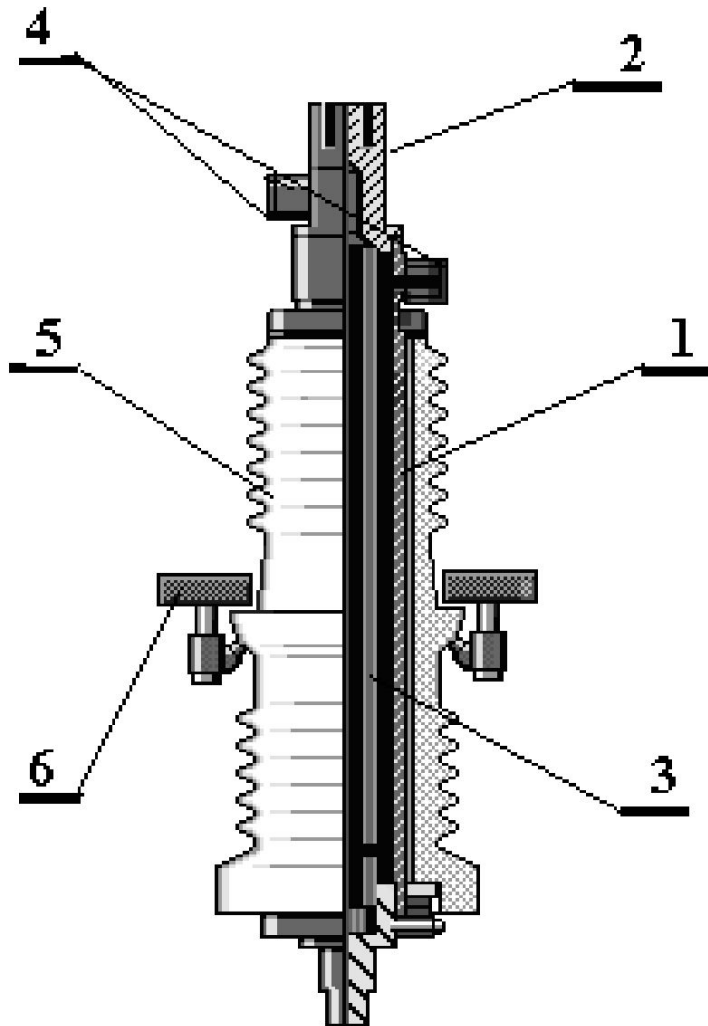
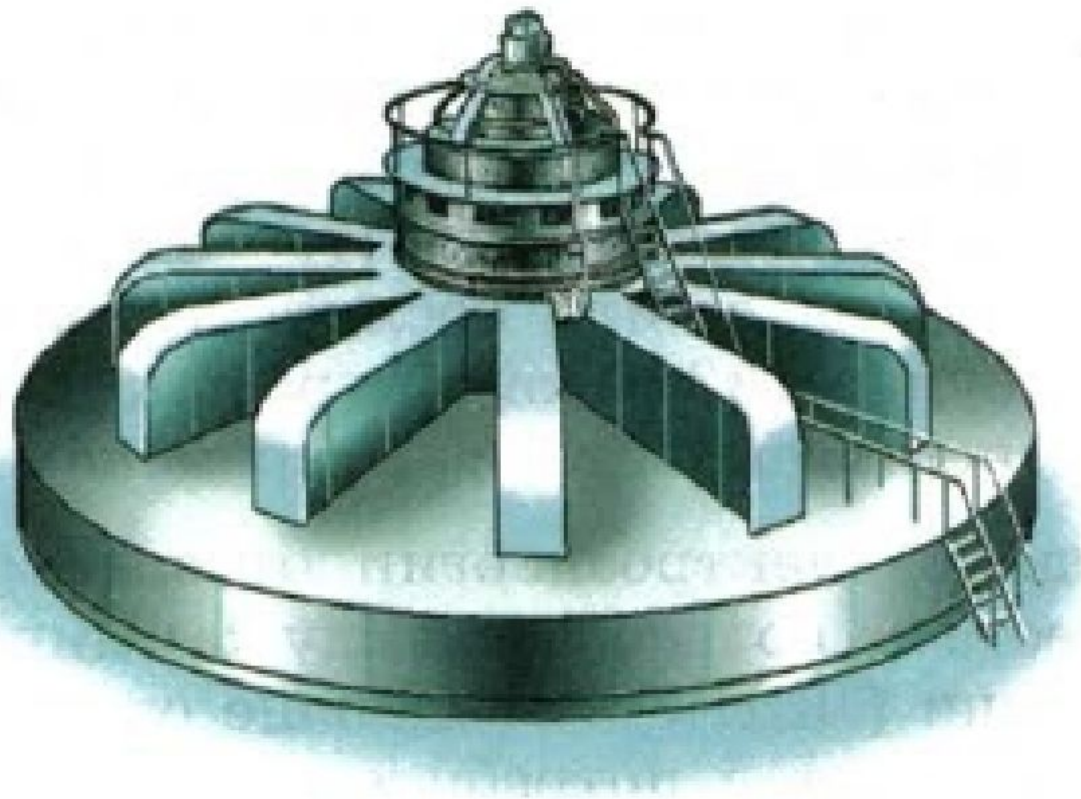


Рис. 1.5.

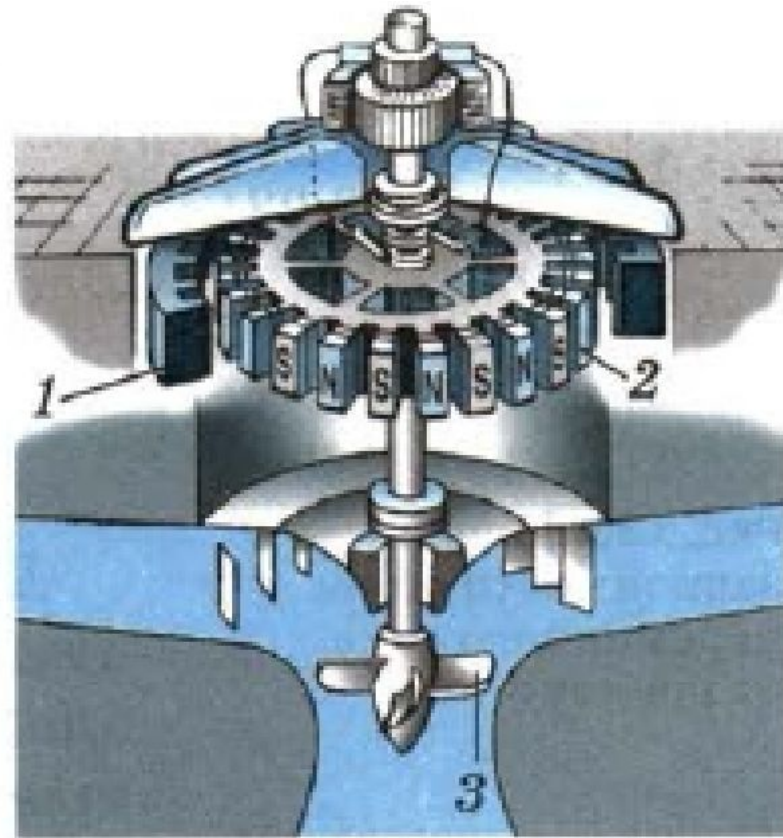
Вывод проходной:

- 1* – наружная труба;
- 2* – контактные пластины;
- 3* – внутренняя труба;
- 4* – щетки;
- 5* – фарфоровый изолятор;

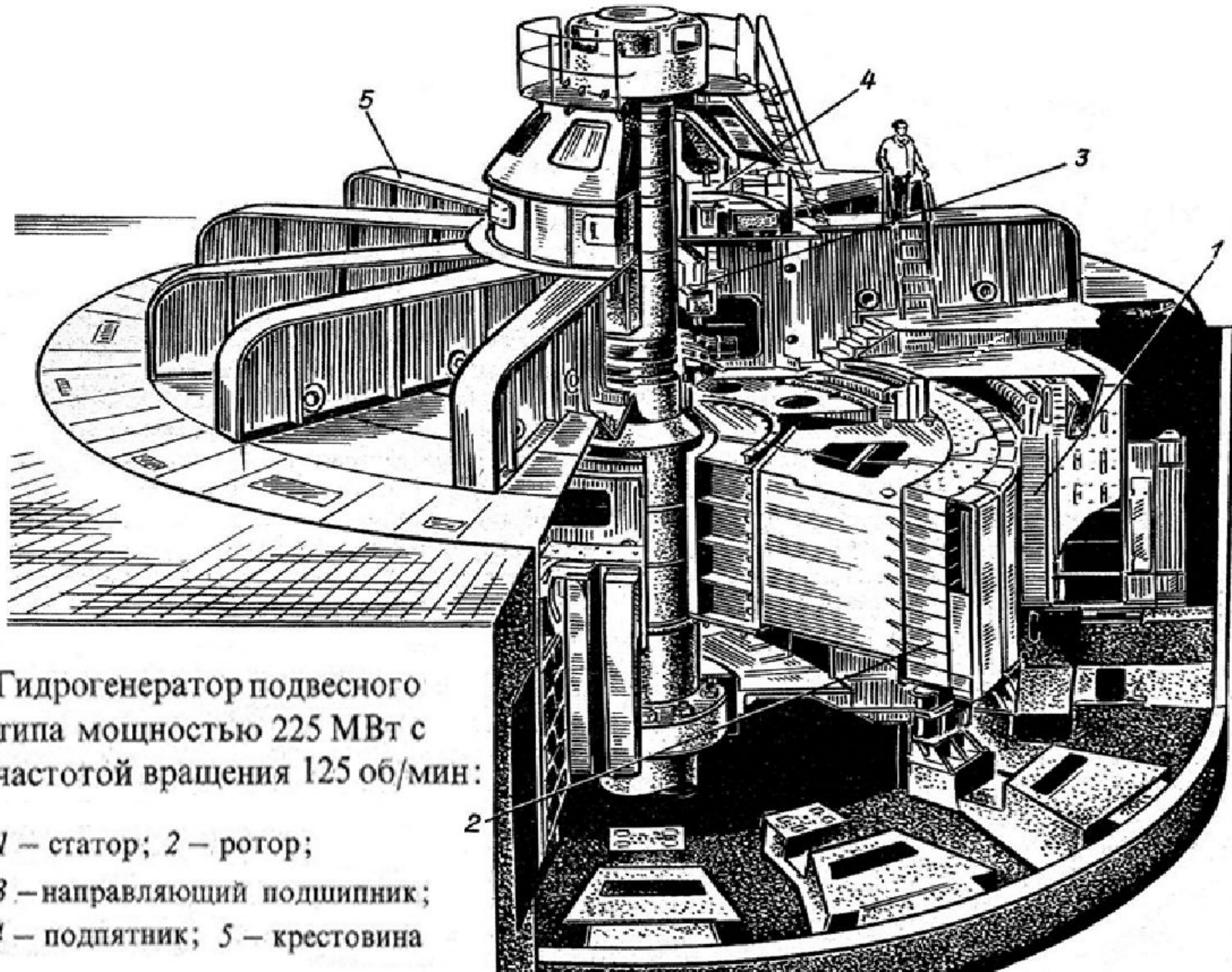
Синхронный гидрогенератор



a)



б)



Гидрогенератор подвесного типа мощностью 225 МВт с частотой вращения 125 об/мин:

- 1 — статор; 2 — ротор;
- 3 — направляющий подшипник;
- 4 — подпятник; 5 — крестовина

гидравлическими характеристиками турбины

$$n_{турб.} = n_{\bar{6}} H^{5/4} / \sqrt{P} \quad (1-6)$$

где $n_{\bar{6}}$ - коэффициент быстроходности, зависящий от типа турбины, об/мин;

H - напор, м;

P - мощность турбины, МВт.

Как следует из формулы (1-6), частота вращения тем меньше, чем ниже напор и выше мощность гидроагрегата.

Так как на различных гидроэлектростанциях напоры и расходы воды отличаются большим разнообразием, то и гидрогенераторы имеют индивидуальное (для данного гидроствора!) исполнение на частоту вращения от 50 до 750 об/мин.

Большая часть исполненных сегодня гидромашин имеет частоту вращения в пределах от 50 до 125 об/мин, т.е. относится к ТИХОХОДНЫМ машинам.

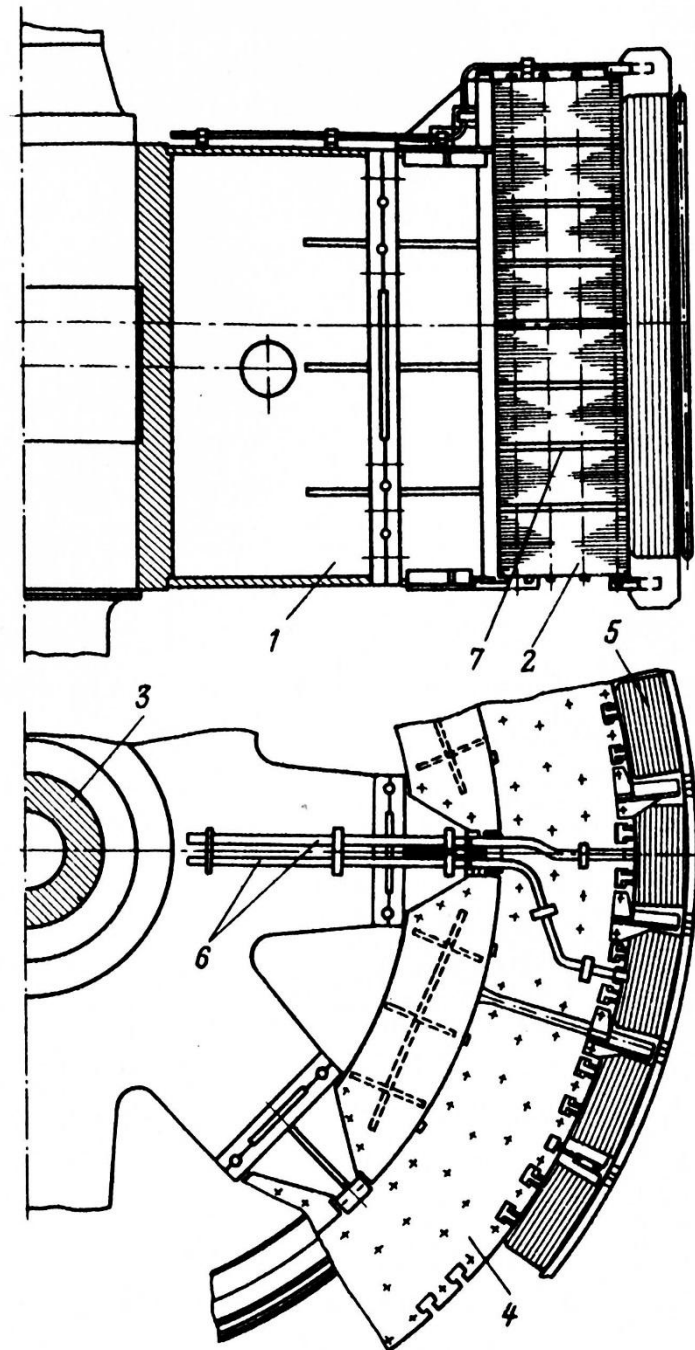
Ввиду большой разницы в частотах вращения ГГ и ТГ существует принципиальное различие и в конструкции их роторов. Гидрогенераторы имеют *явнополюсный ротор* (рис. 1.10), который представляет собой своеобразное колесо большого диаметра, состоящее из внутренней части - *остова*, насаживаемого с помощью втулки на вал, и наружной части - *обода*, собранного из штампованных сегментов.

На ободе ротора располагаются *полюсы с обмоткой возбуждения*.

Синхронные генераторы

Рис. 1.9. Ротор гидрогенератора со спицевым остовом:

1 - остов; 2 - обод; 3 — вал; 4 - сегмент обода; 5 - полюс с катушкой обмотки возбуждения; 6 - токопровод, соединяющий обмотку возбуждения с контактными кольцами; 7 - вентиляционный радиальный канал



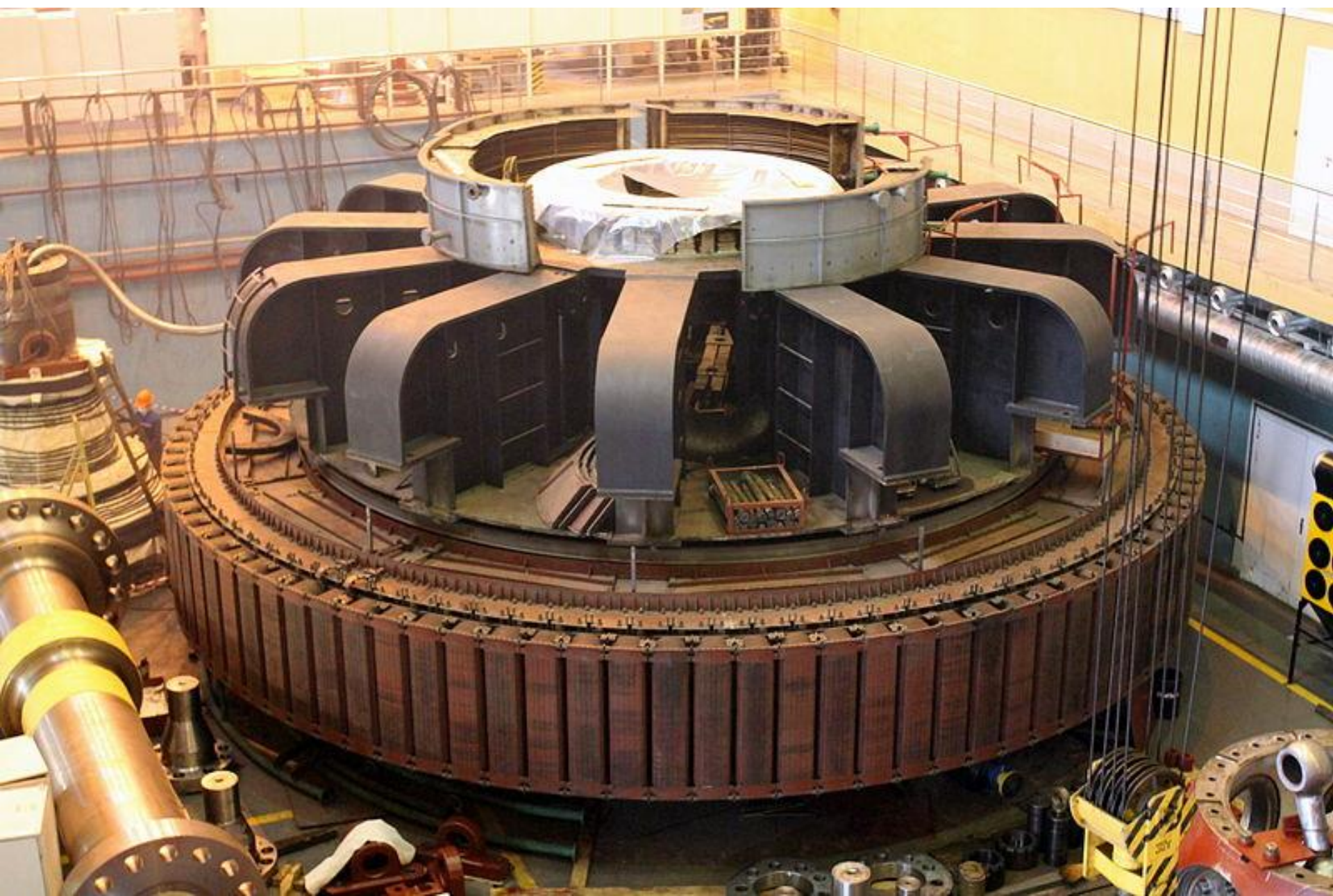
Чем меньше частота вращения ГГ, тем большее число полюсов и катушек необходимо разместить на обode. Поэтому у тихоходных гидрогенераторов диаметры роторов значительно больше, чем у быстроходных.

Диаметры роторов мощных гидроагрегатов достигают 14÷16 м, а статоров - 20÷22 м.

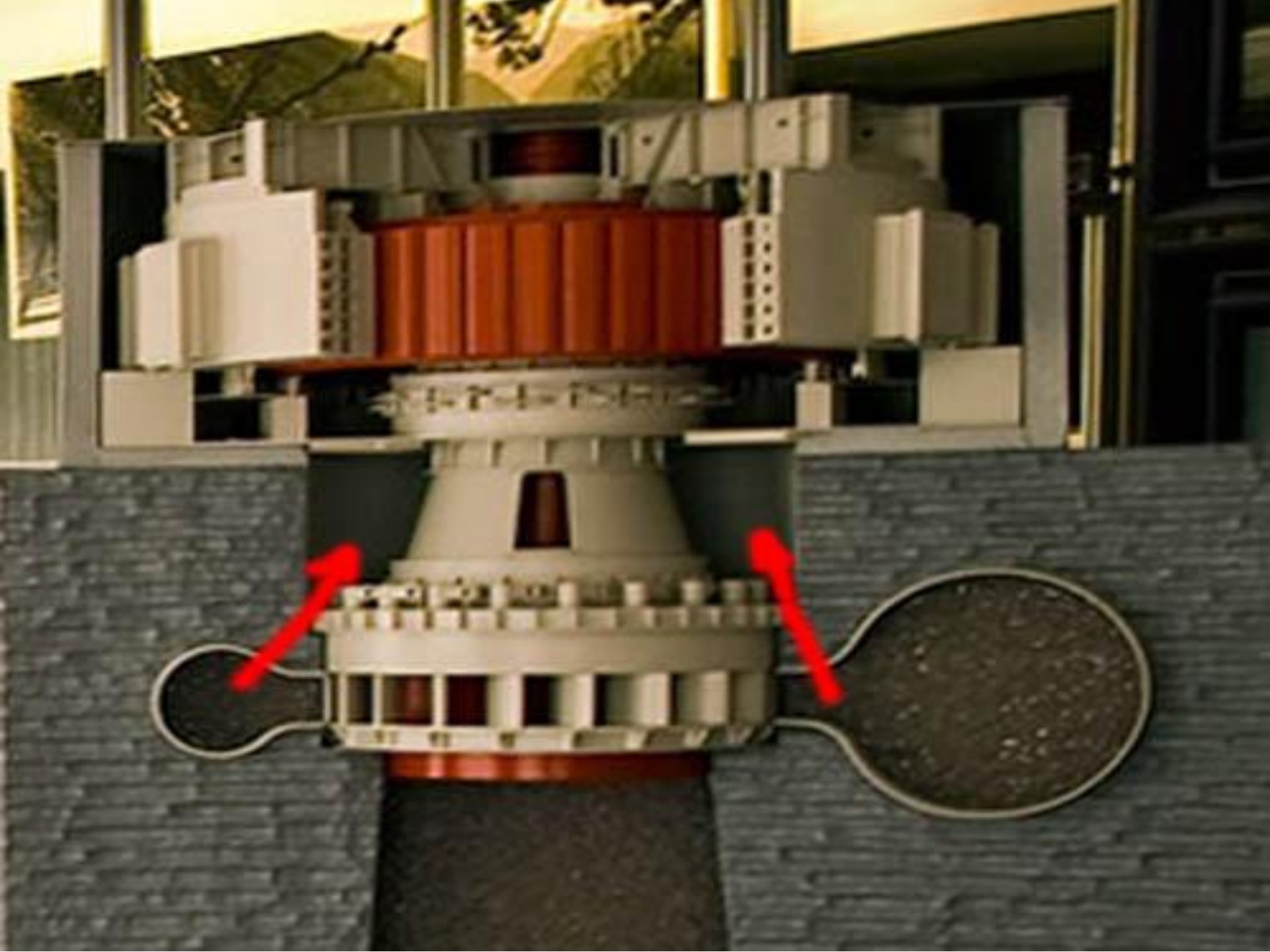
Поскольку число пар полюсов ГГ всегда целое число, то частота вращения иногда оказывается дробной, так, ГГ Иркутской ГЭС имеют $n=83,3$ об/мин ($p=36$), Красноярской ГЭС $n=93,8$ об/мин ($p=32$) и т.п.

Для успокоения колебаний ротора, возникающих при резких изменениях нагрузки генератора служит демпферная обмотка из медных стержней, которая размещается на полюсах помимо обмотки возбуждения.


В крупных гидрогенераторах кроме проводников сплошного сечения используют *полые проводники* с целью обеспечения непосредственного охлаждения ротора водой или воздухом. В обмотках обычно используют изоляцию класса В (*асбест, micaфолы, терморезистивную изоляцию*).



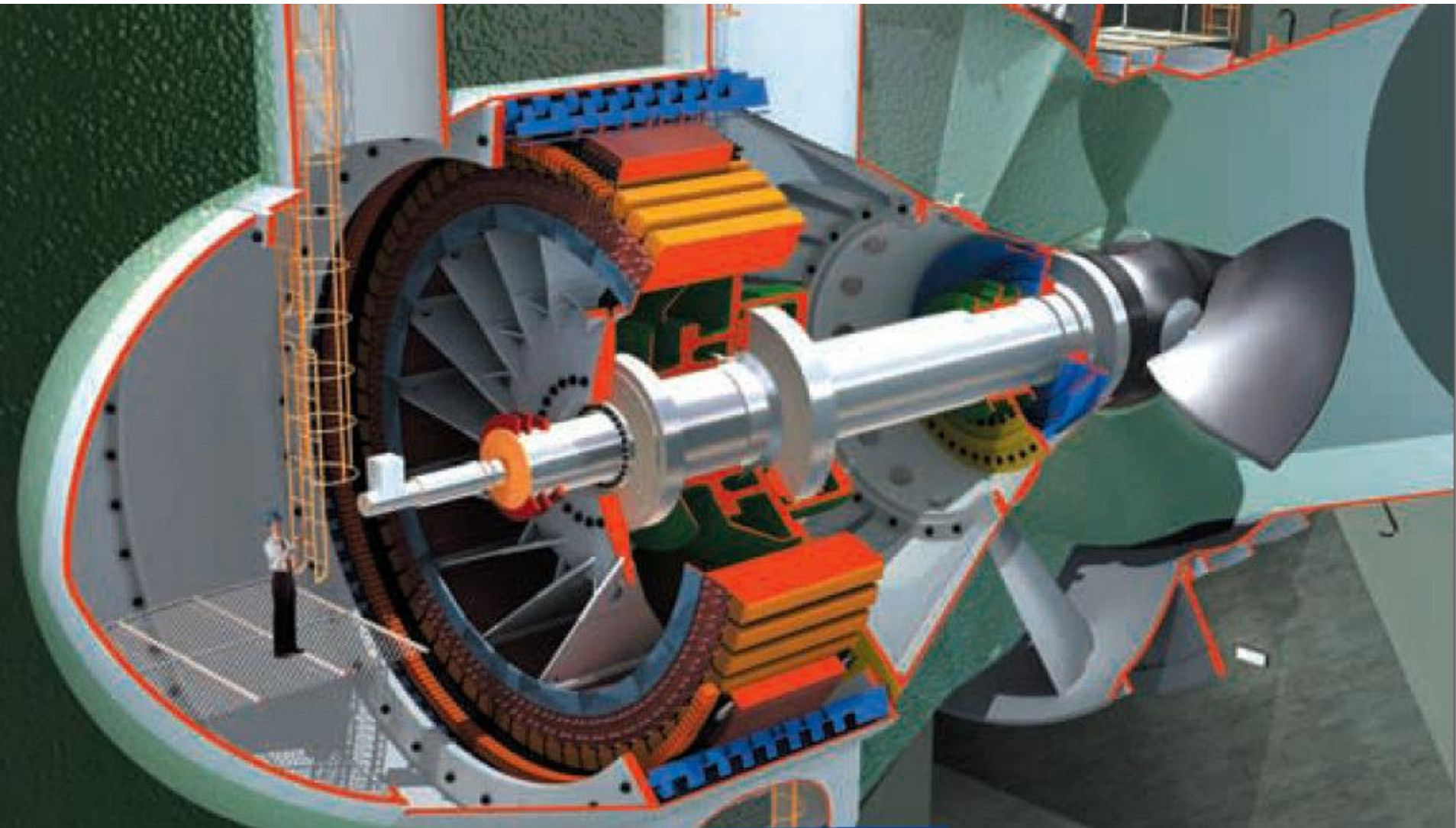






 **长春诚洋机械有限公司**
www.best-china.ru

Гидрогенератор капсульного исполнения



Синхронный компенсатор (СК) представляет собой ненагруженный синхронный двигатель, который в зависимости от значения тока возбуждения и его направления способен вырабатывать (в *режиме перевозбуждения*), либо потреблять (в *режиме недо возбуждения*) реактивную мощность.

Возможность работы с положительным и отрицательным возбуждением является характерной особенностью синхронных компенсаторов.

Синхронные компенсаторы обычно выполняются с явнополюсным ротором, поэтому они конструктивно похожи на гидрогенераторы, только у всех синхронных компенсаторов вал ротора расположен горизонтально, что позволяет уменьшить массу, размеры и стоимость компенсатора; упрощаются его монтаж и ремонт; оказывается проще и дешевле фундамент. Для облегчения пуска явнополюсного СК его выполняют с *пусковой обмоткой* из сплавов с повышенным активным сопротивлением.

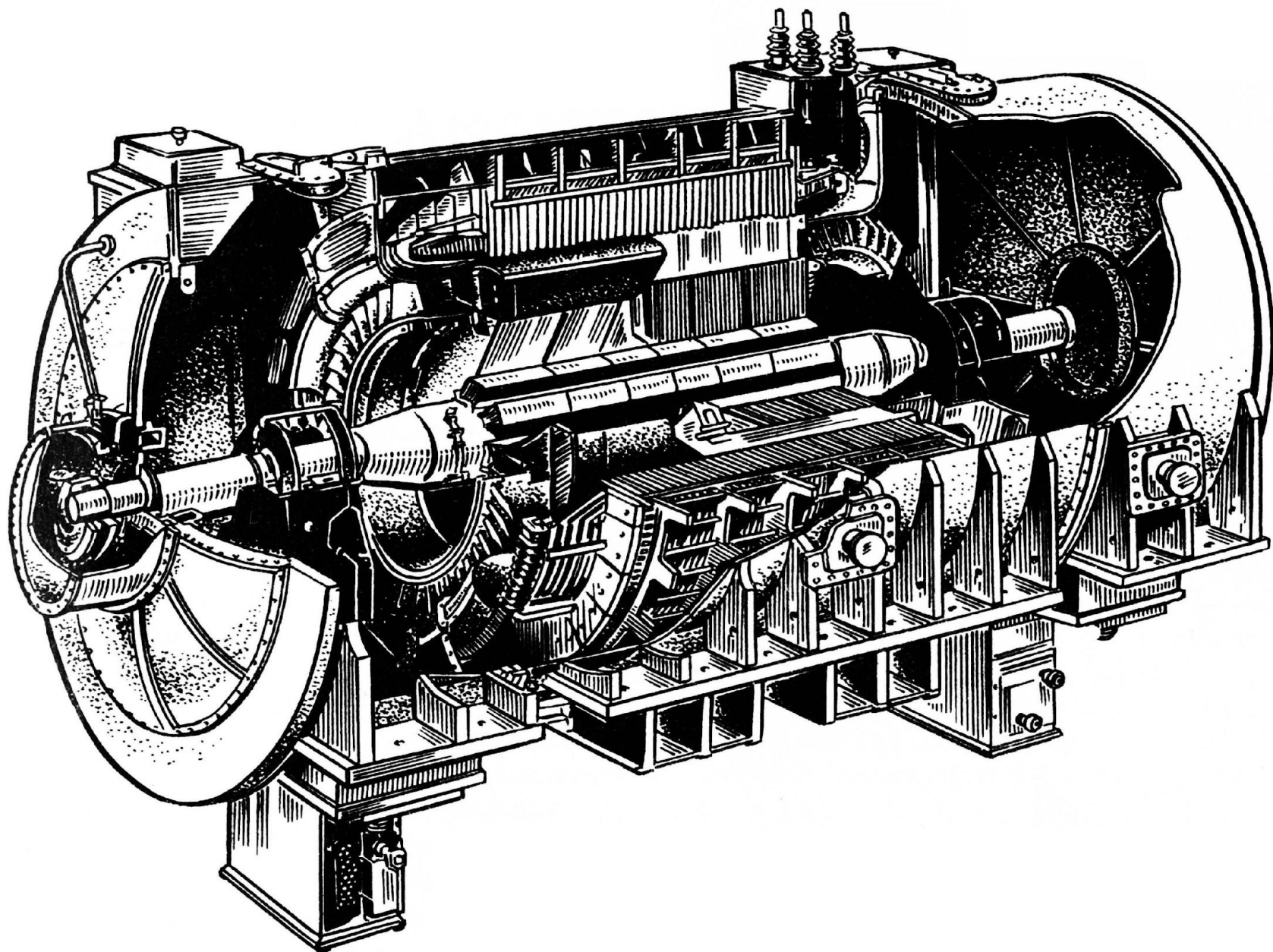


Рис. 1.10. Синхронный компенсатор серии КСВ

Системы, обеспечивающие работу генератора:

- *системы охлаждения,*
- *системы возбуждения,*
- *системы маслоснабжения.*

Системы охлаждения обеспечивают интенсивный отвод теплоты и поддержание температуры генераторов в допустимых пределах во время их работы.

Сравнительные теплоотводящие свойства

Охлаждающая среда	Давление, МПа	Физические свойства в долях показателей воздуха		
		Теплопроводность	Плотность	Теплоотводящая способность
Воздух	0,100	1,0	1,0	1,0
Смесь водорода (97 %) и воздуха (3 %)	0,103	5,9	0,098	1,33
Водород	0,103	7,1	0,070	1,44
	0,200	7,1	0,140	2,75
	0,300	7,1	0,210	3,00
	0,400	7,1	0,280	4,00
Трансформаторное масло	0,100	5,3	848,0	21,0
Вода	0,100	23,0	1000,0	50,0

Турбогенераторы выполняются с *воздушным, водородным, водородно-жидкостным* или *чисто жидкостным* охлаждением.

Гидрогенераторы имеют *воздушное* или *воздушно-жидкостное* охлаждение.

По способу отвода теплоты от меди обмоток системы охлаждения подразделяются на *косвенные (поверхностные)* и *непосредственные*.

Температура охлаждающей среды установлена стандартами и равна 40°C

Косвенные системы охлаждения.

Исторически первой системой охлаждения ТГ является *система косвенного воздушного охлаждения*, когда циркуляция воздуха в машине осуществляется вентиляторами, насаженными на вал с обоих ее торцов.

Нагретый в машине воздух выбрасывается через горячие камеры в воздухоохладитель, расположенный под генератором, а оттуда через общие камеры холодного воздуха поступает обратно в генератор (рис. 1.8).

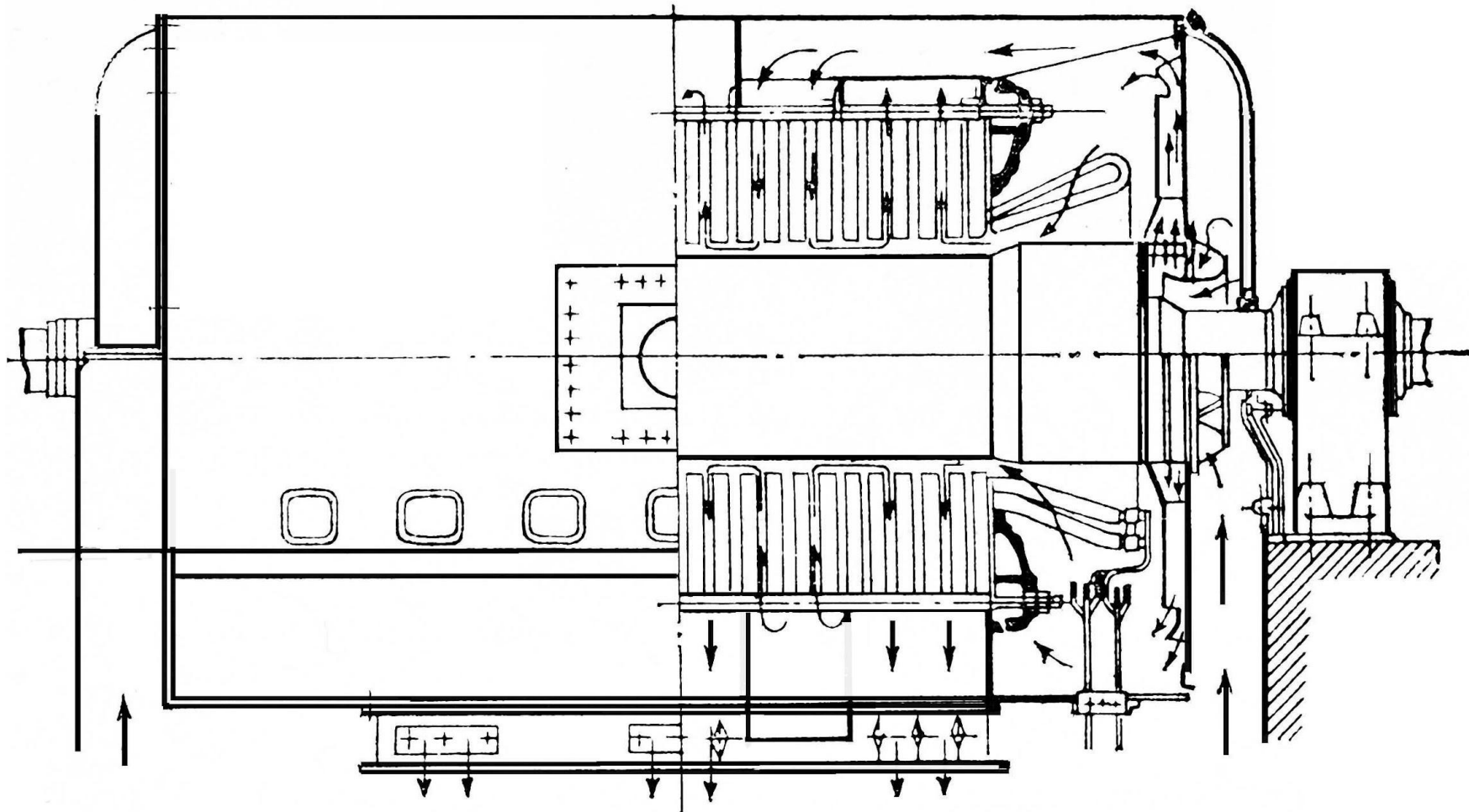


Рис. 1.10. Замкнутая система косвенного
воздушного охлаждения

Системы непосредственного охлаждения.
Наиболее перспективен *способ непосредственного охлаждения обмоток*, когда вода или масло циркулируют по внутрипроводниковым каналам и, соприкасаясь непосредственно с нагретой медью, отводят от нее теплоту при максимальной эффективности теплопередачи, так как нет никаких барьеровкаких барьеров.

На рис. 1.14 показана схема вентиляции ТГ серии ТВВ с непосредственное охлаждение сердечника статора и обмотки ротора водородом и непосредственное охлаждение обмотки статора водой.

Синхронные генераторы

