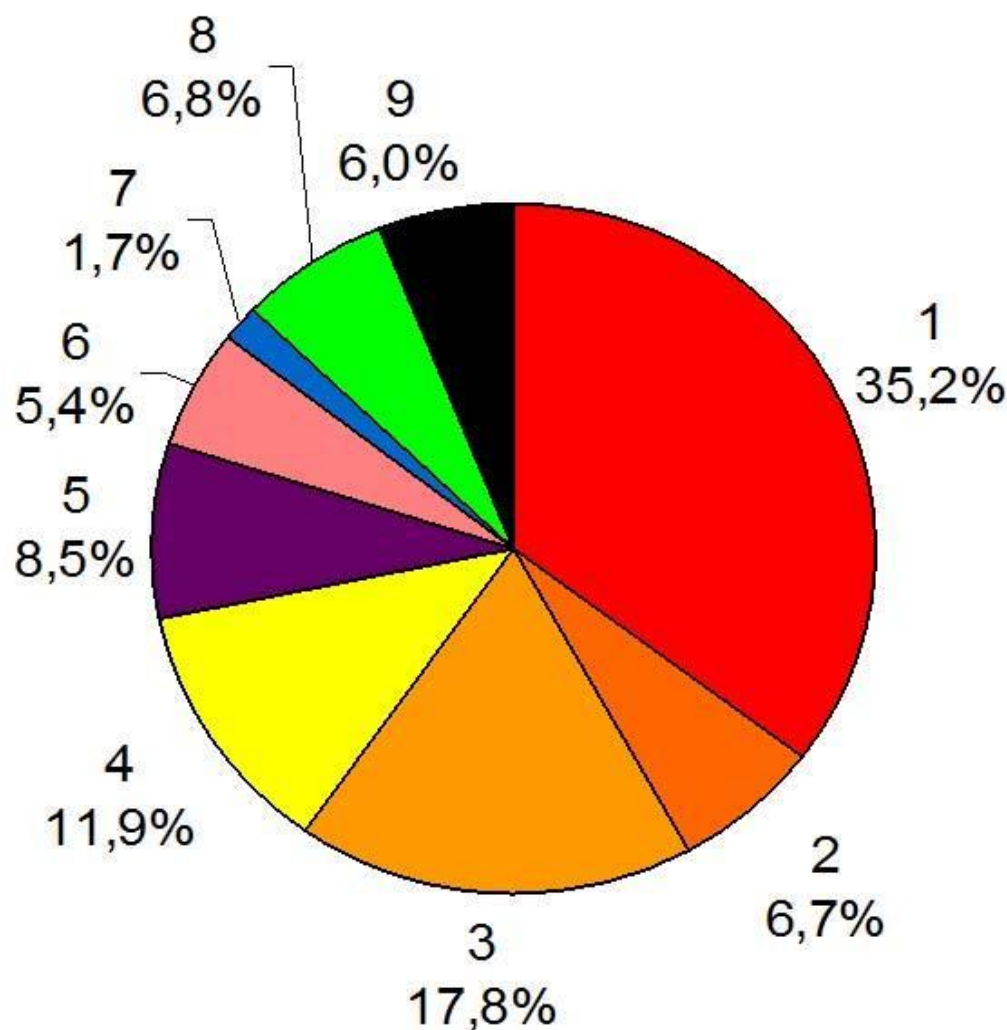


«Основы эксплуатации ЭЧС электростанций»



- 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 (2016 год).

Синхронные генераторы

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

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

Особенностью паровых или газовых турбин, как приводных двигателей, является их быстроходность, которая обусловлена тем, что с повышением частоты вращения возрастает экономичность их работы. Кроме того, чем выше частота вращения турбины, тем меньше ее габариты и больше к.п.д., поэтому

естественным является стремление повысить быстроходность турбогенераторов.

Ее предел, ограничивается принятой в РФ номинальной частотой сети $f_{\text{ном}} = 50$ Гц и минимальным числом $p = 1$, поэтому максимальная частота вращения турбогенераторов равна:

$$n = 60 \times 50 / 1 = 3000 \text{ об/мин.}$$

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

В США, Японии и некоторых других странах, где используется частота сети **60 Гц**, наибольшая частота вращения турбогенераторов составляет **3600 об/мин**.

Кроме частоты вращения, определяющей совместно с числом пар полюсов номинальную частоту переменного тока генератора, синхронные генераторы характеризуются другими номинальными параметрами, основными из которых являются

активная и полная мощность.

Под **номинальной мощностью** понимают полезную мощность, на которую рассчитан синхронный генератор и с которой он может длительно работать при нормальной работе системы охлаждения.

Номинальная полная мощность $S_n = \sqrt{3} U_n I_n$, (1-2)

Номинальная активная мощность $P_n = \sqrt{3} U_n I_n \cos \varphi$ (1-3)

Все другие параметры, характеризующие работу машины при номинальной мощности, **также являются номинальными**. К ним относятся напряжение U_n и ток I_n статора, напряжение U_e и ток I_e возбуждения ротора, реактивная мощность генератора Q_p , коэффициент мощности **$\cos \varphi$** , к.п.д. и другие величины.

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 реактивные мощности ТГ не нормируются ГОСТ, они определяются, как:

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

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

В зависимости от типа первичного двигателя различают *турбо*- и *гидро*- генераторы.

Турбогенераторы.

Турбогенератор представляет собой горизонтальную электрическую машину (рис. 1.1) с неподвижным статором и вращающимся цилиндрическим неявнополюсным ротором.

Синхронные генераторы

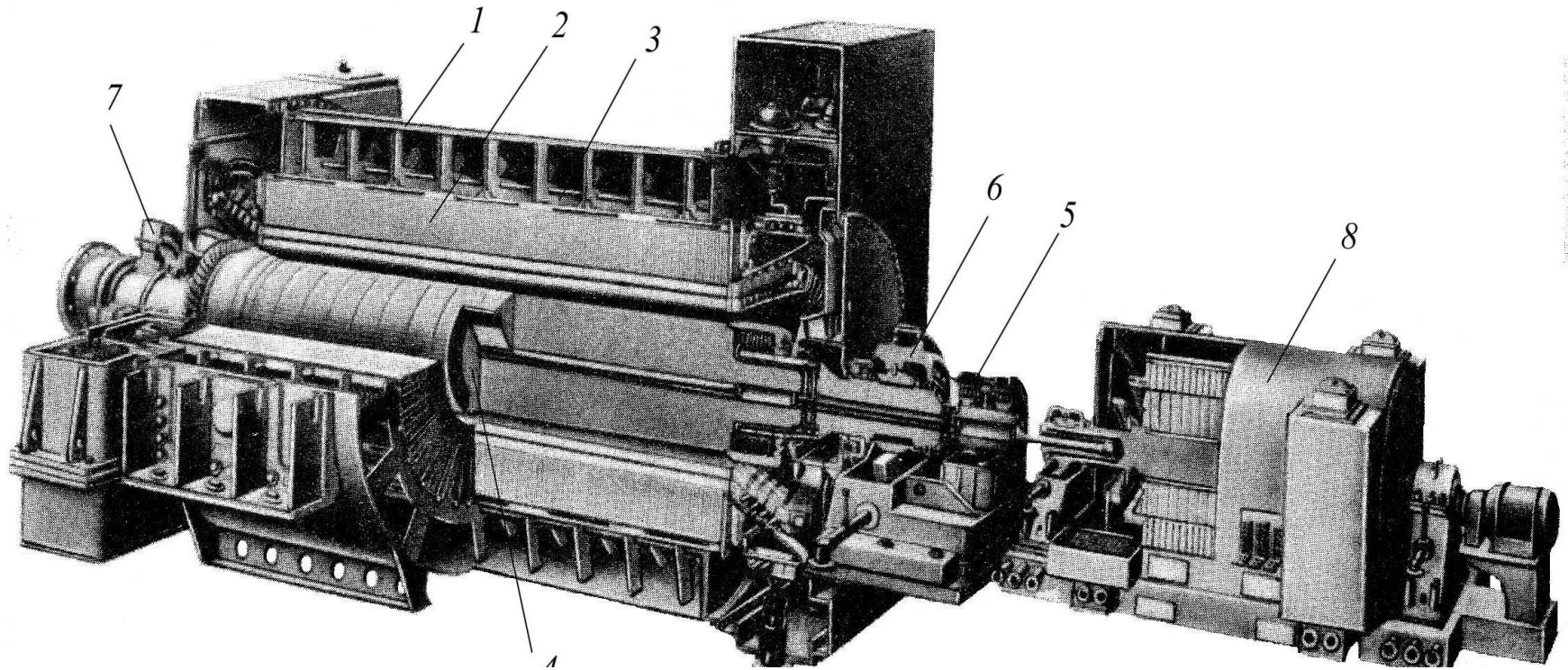


Рис. 1.1. Общий вид синхронного турбогенератора

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

Основные технические данные и характеристики трансформатора ТВВ-1000-4УЗ

<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

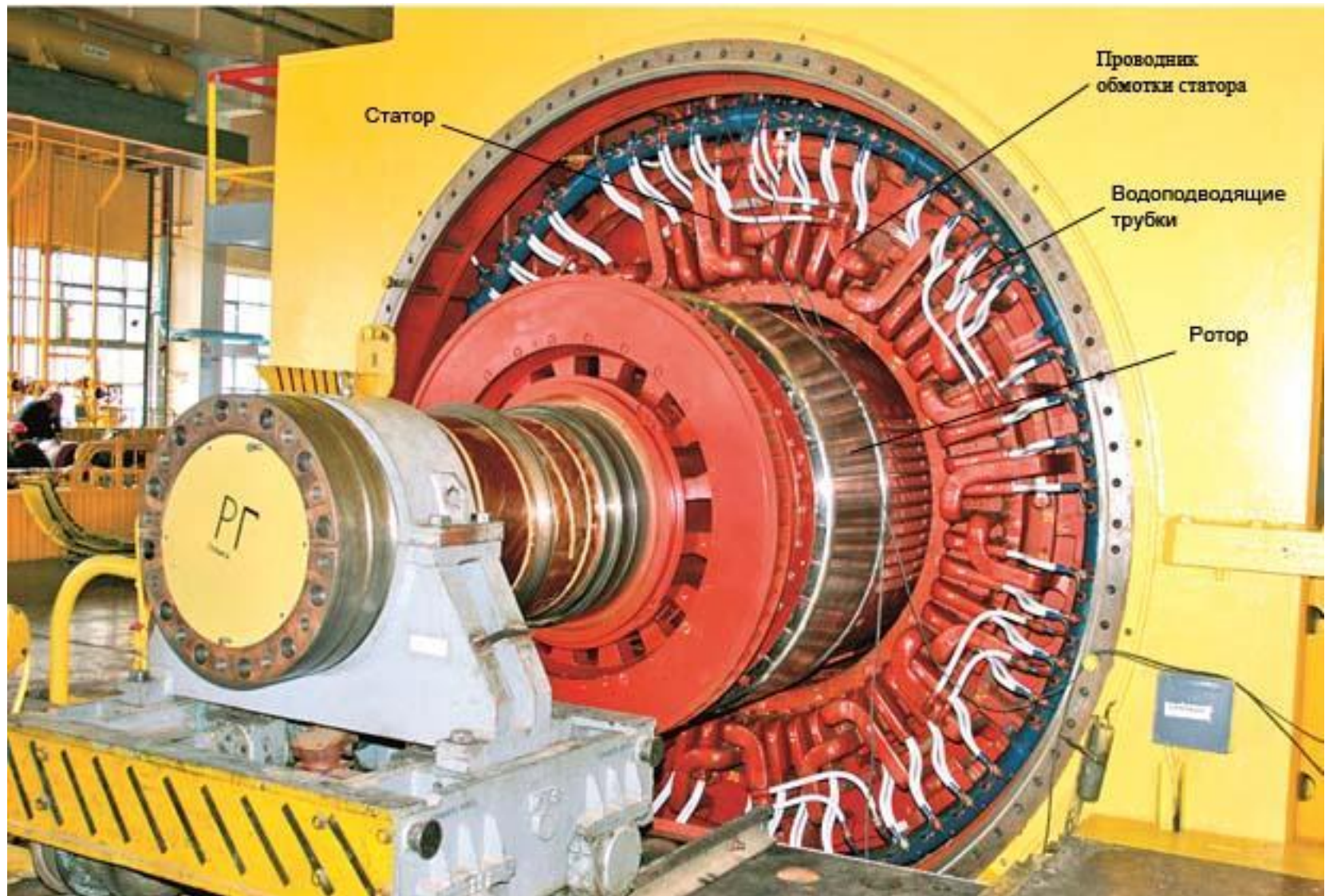


Рис 1.3 Вид турбогенератора ТВВ-1000-4УЗ со снятой крышкой

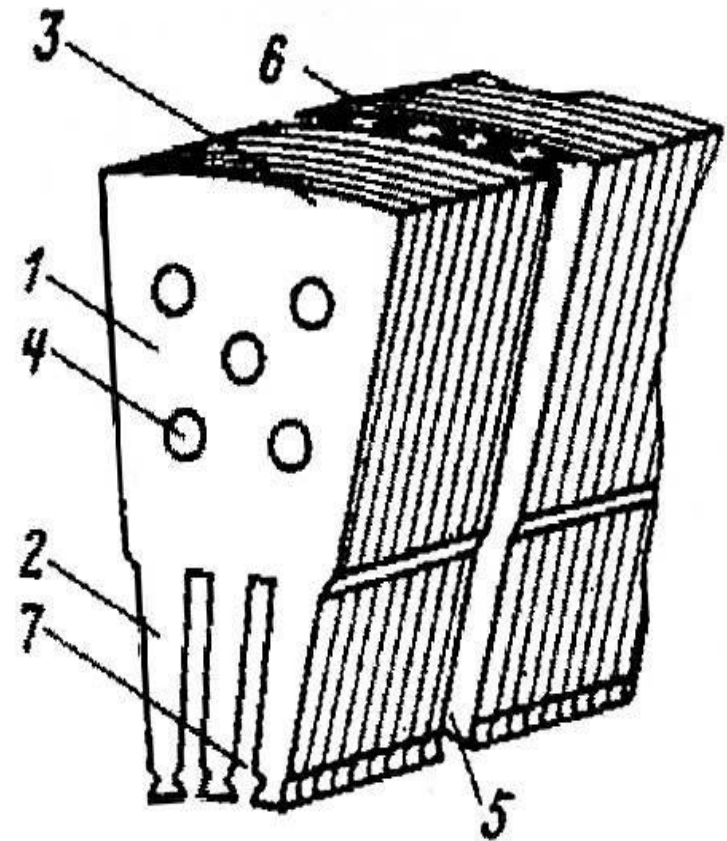
Сердечник статора набирается из отдельных пакетов изолированных лаком листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм и имеющих форму сегмента (рис 1.4).

В машинах небольшой мощности используется горячекатаная сталь, а в генераторах мощностью более 100 МВт - холоднокатаная электротехническая сталь. Последняя имеет повышенную магнитную проницаемость и пониженные удельные потери. Применение холоднокатаной стали позволяет также значительно уменьшить размеры сердечника и соответственно уменьшить расход меди для обмотки.

Синхронные генераторы

Рис. 1.4. 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.



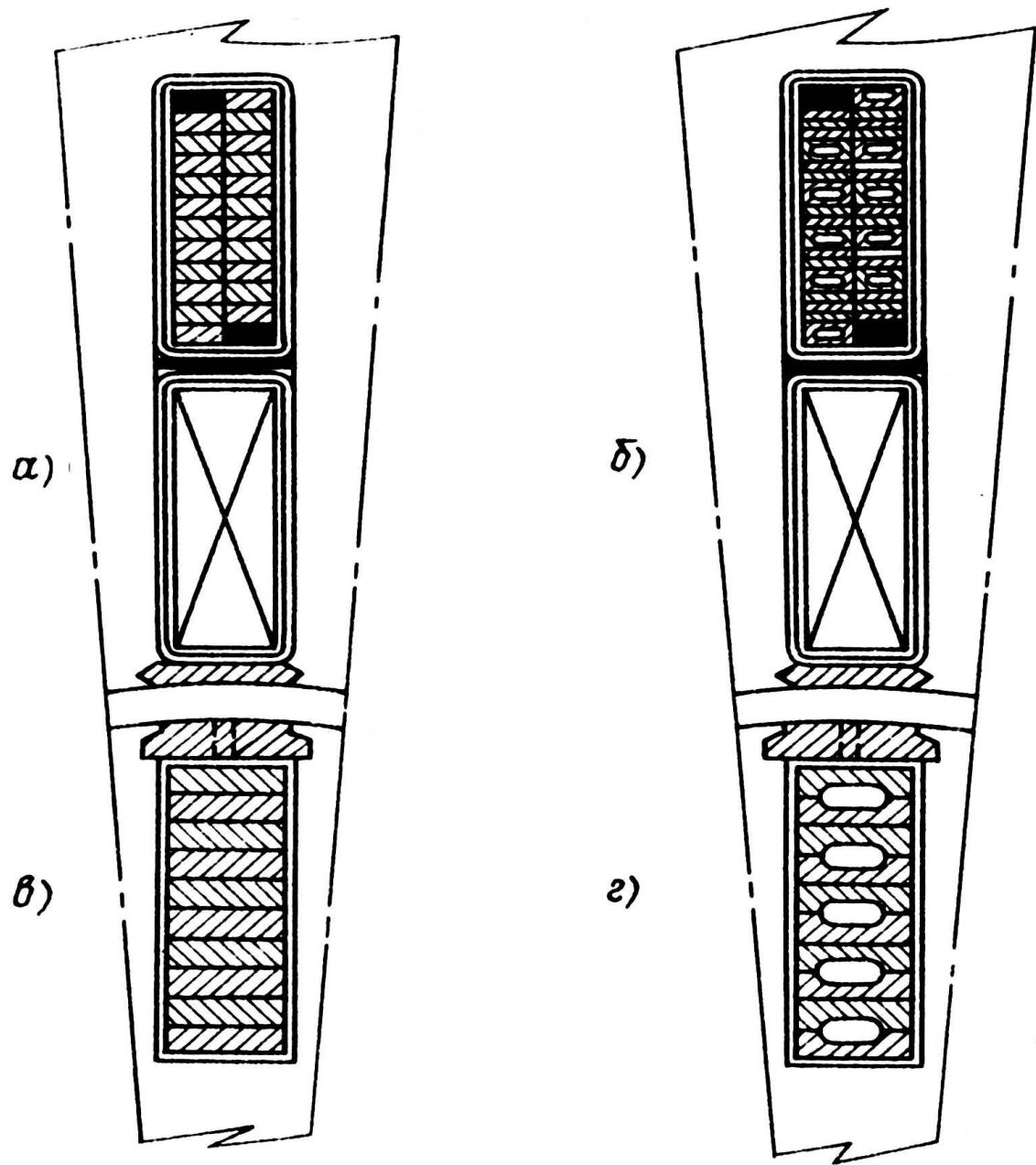


Рис. 1.5.

Схематический разрез пазов 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

Синхронные генераторы

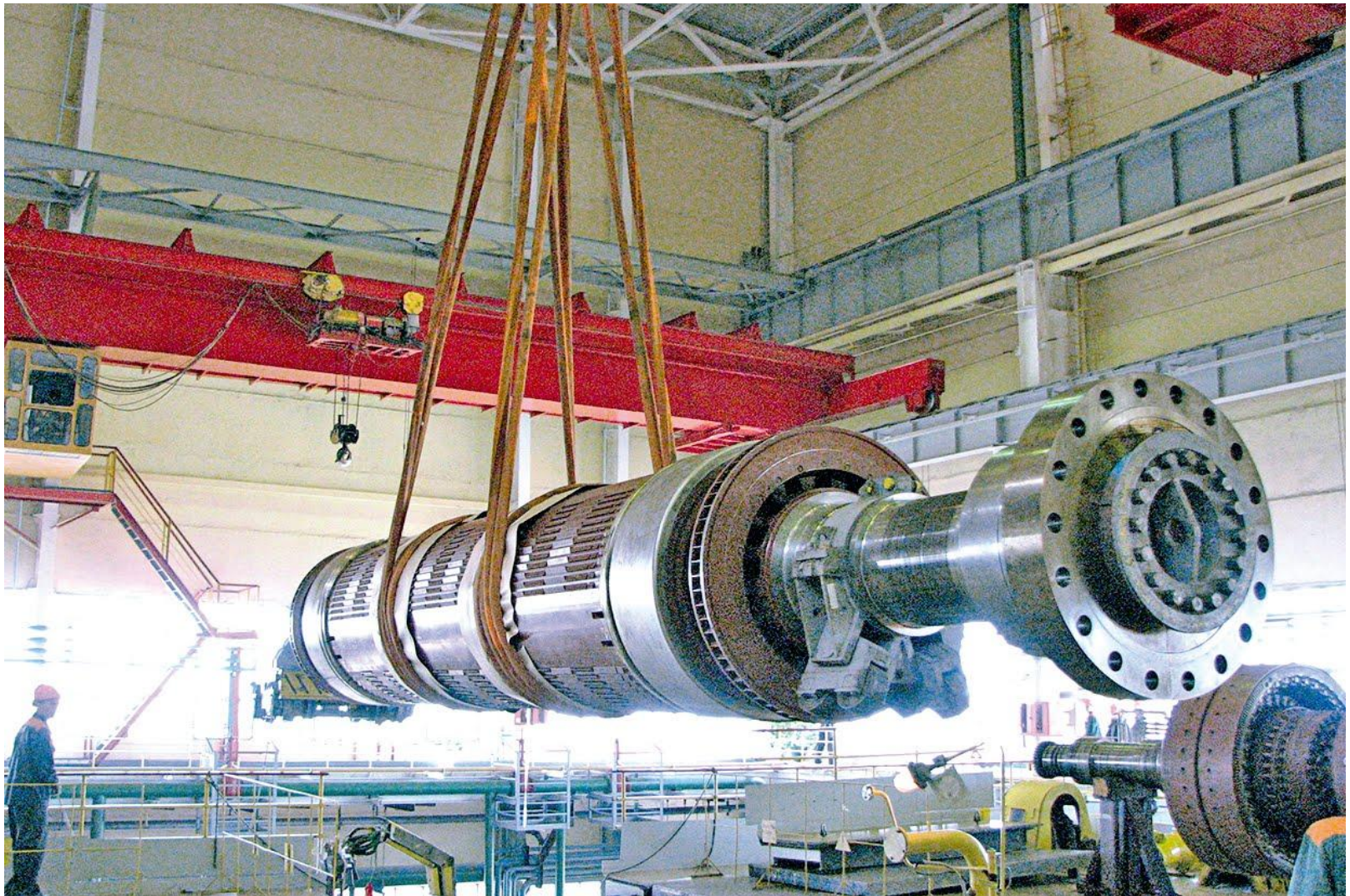


Рис. 1.6. Внешний вид ротора турбогенератора

Роторы крупных турбогенераторов (рис. 2.3) изготавливают неявнополюсными из цельной поковки высоколегированной хромо-никелевой или хромо-никельмолибденовой стали, обладающей высокими механическими (и магнитными) свойствами, а роторы турбогенераторов малой мощности — из углеродистой стали.

На поверхности бочки ротора фрезеруются пазы, в которые укладывают обмотку возбуждения. Пазы закрывают клиньями (рис. 2.4, в и г) из высокопрочных, немагнитных (для уменьшения потока рассеяния ротора) материалов: немагнитной стали, бронзы, дюралюминия.

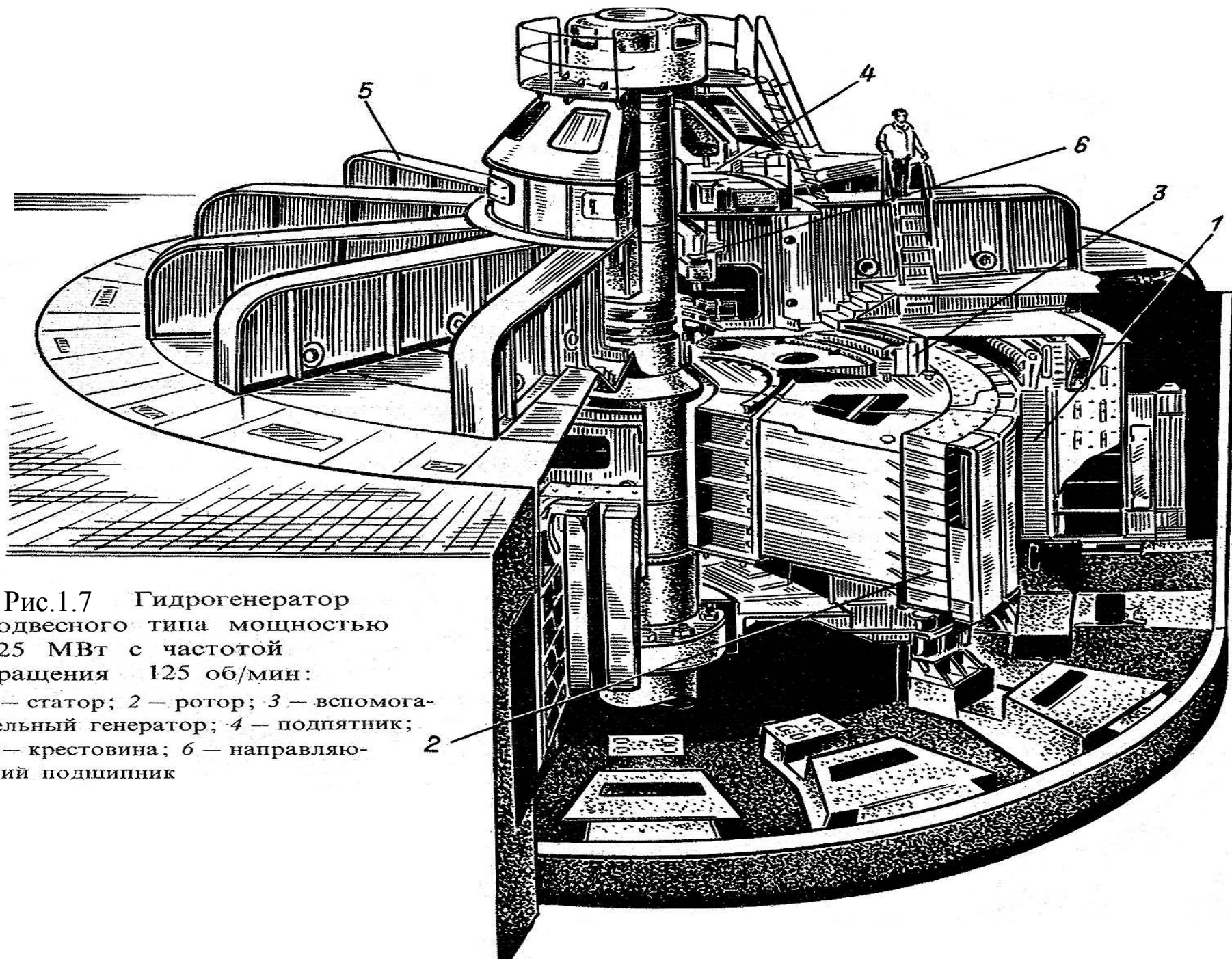


Рис.1.7 Гидрогенератор
подвешенного типа мощностью
225 МВт с частотой
вращения 125 об/мин:

1 — статор; 2 — ротор; 3 — вспомога-
тельный генератор; 4 — подпятник;
5 — крестовина; 6 — направляю-
щий подшипник

У гидрогенераторов большие размеры и масса, а также большое число полюсов. Диаметры роторов мощных гидроагрегатов достигают 14÷16 м, а статоров - 20÷22 м. Для успокоения колебаний ротора, возникающих при резких изменениях на грузки генератора служит демпферная обмотка из медных стержней, которая размещается на полюсах помимо обмотки возбуждения.

Частота вращения всегда определяется возможностями конкретного гидроузла и гидравлическими характеристиками турбины и принимается равной частоте вращения гидротурбины при заданных значениях *напора* и *расхода воды* из условия ее наибольшей экономичности:

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

где $n_б$ - коэффициент быстроходности, зависящий от типа турбины, об/мин;

H - напор, м;

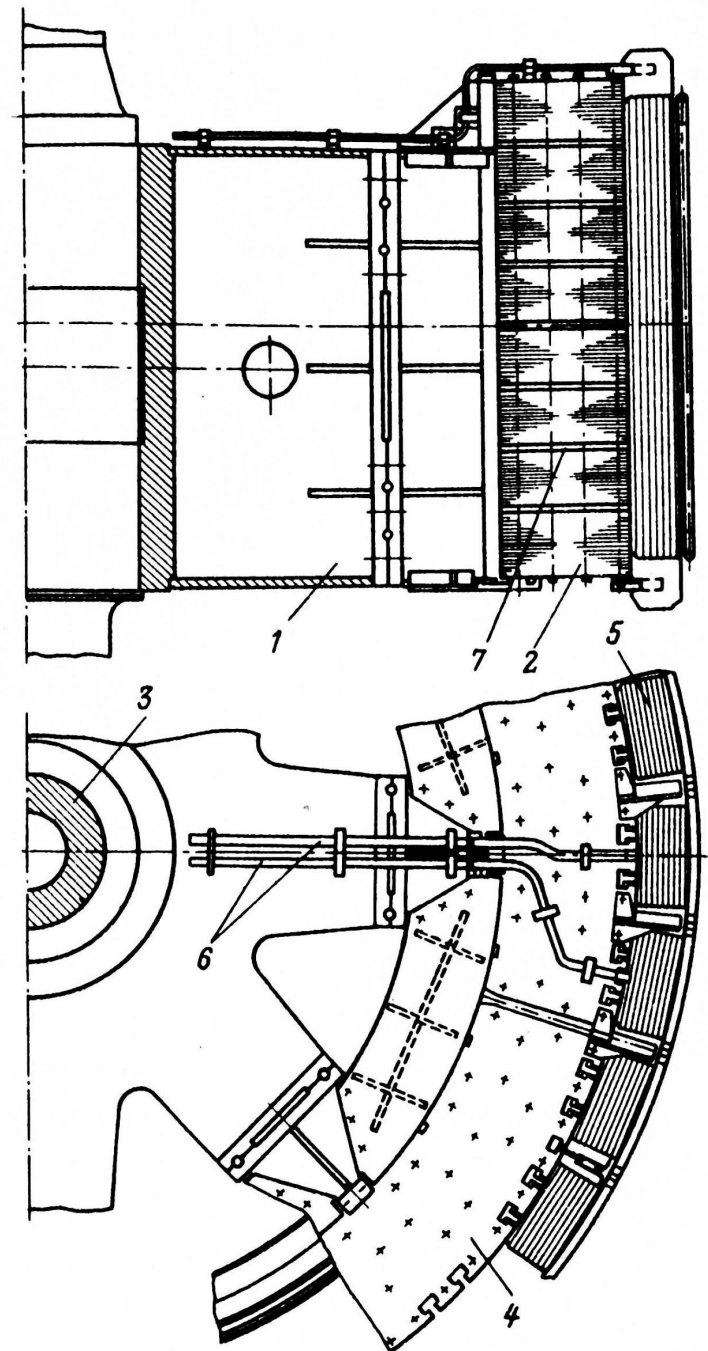
P - мощность турбины, МВт.

Как следует из формулы (1-6), частота вращения тем меньше, чем ниже напор и выше мощность гидроагрегата. Так как на различных ГЭС напоры и расходы воды отличаются большим разнообразием, то и гидрогенераторы имеют индивидуальное исполнение на частоту вращения от 50 до 750 об/мин. Большая часть исполненных машин имеет частоту вращения в пределах от 50 до 125 об/мин, т.е. относится к тихоходным машинам.

Синхронные генераторы

Рис. 1.8. 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



Синхронный компенсатор

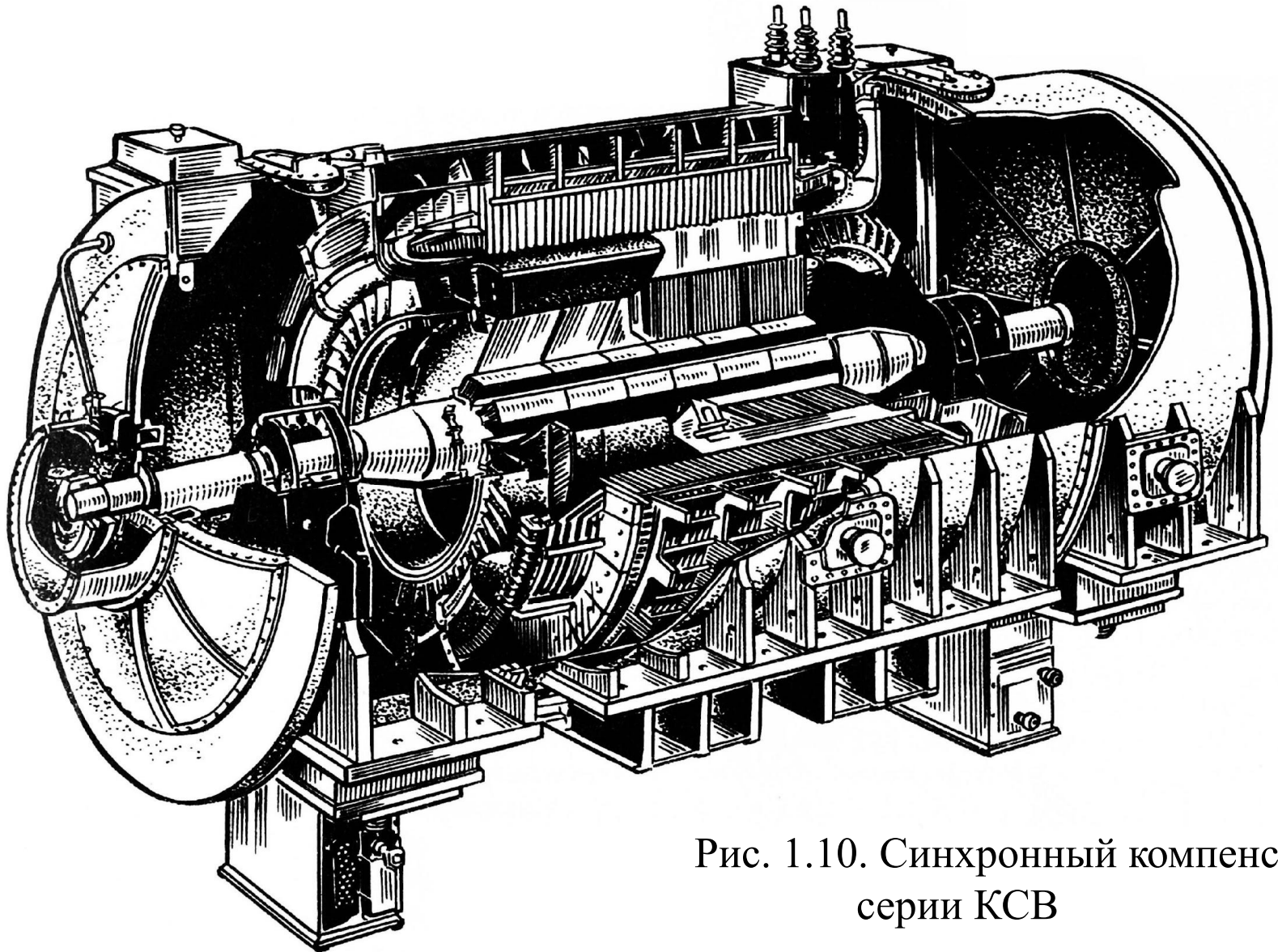


Рис. 1.10. Синхронный компенсатор
серии КСВ

Синхронные генераторы

Сравнительные теплоотводящие свойства

Охлаждающая среда	Давление, МПа	Физические свойства в долях показателей воздуха		
		Теплопро- водность	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

Синхронные генераторы

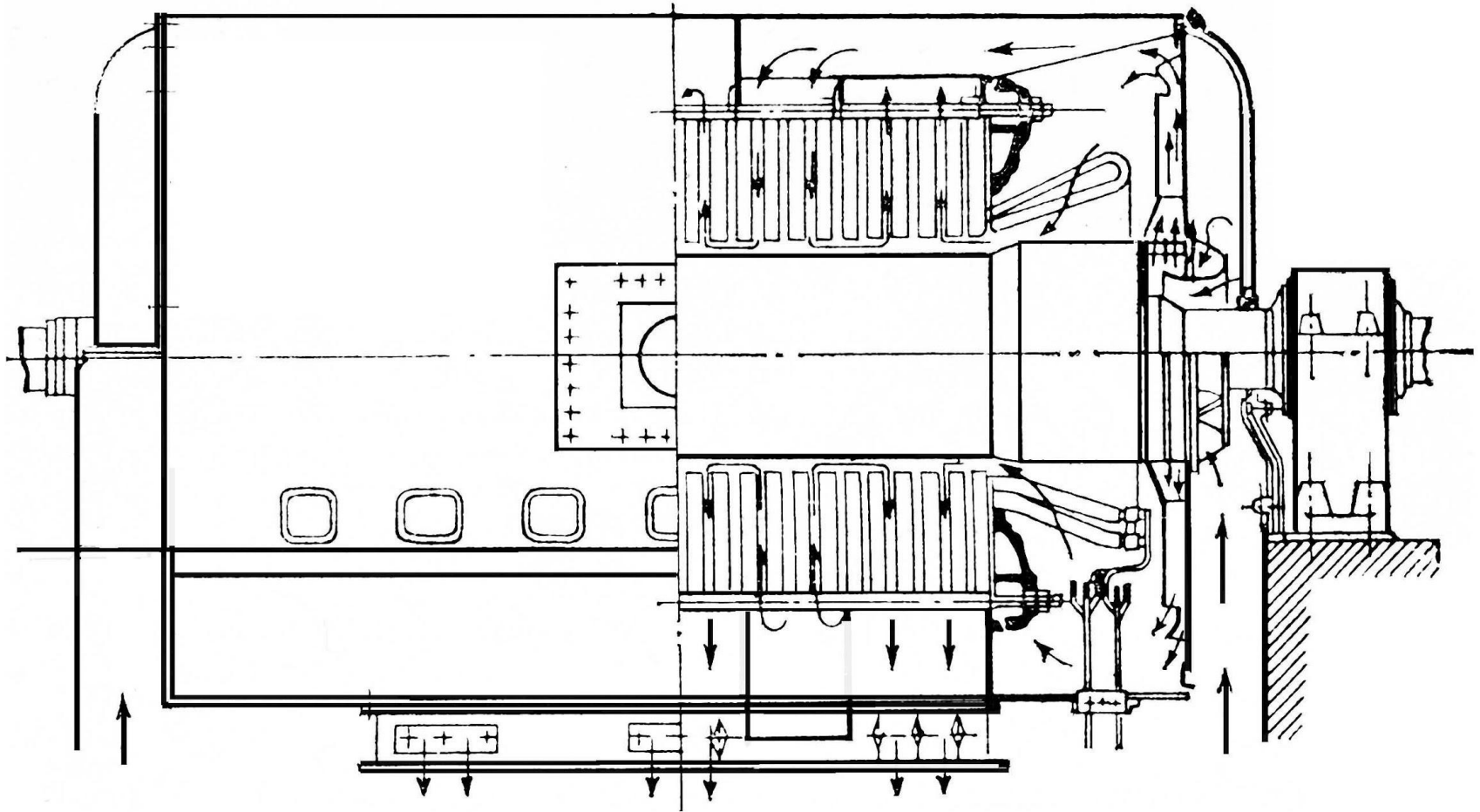
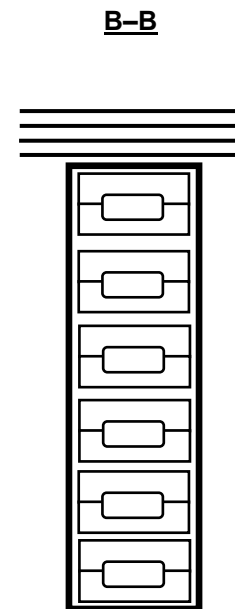
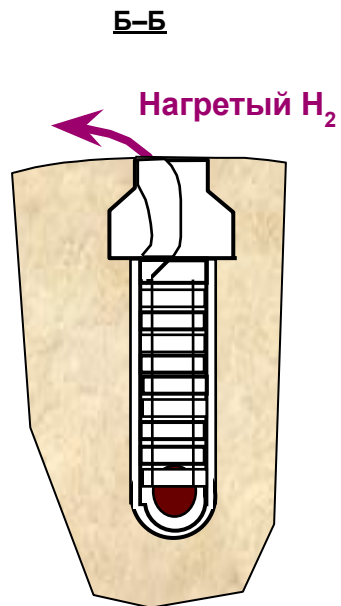
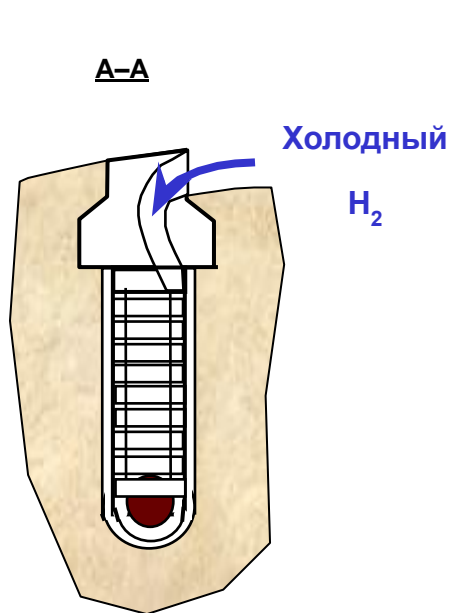
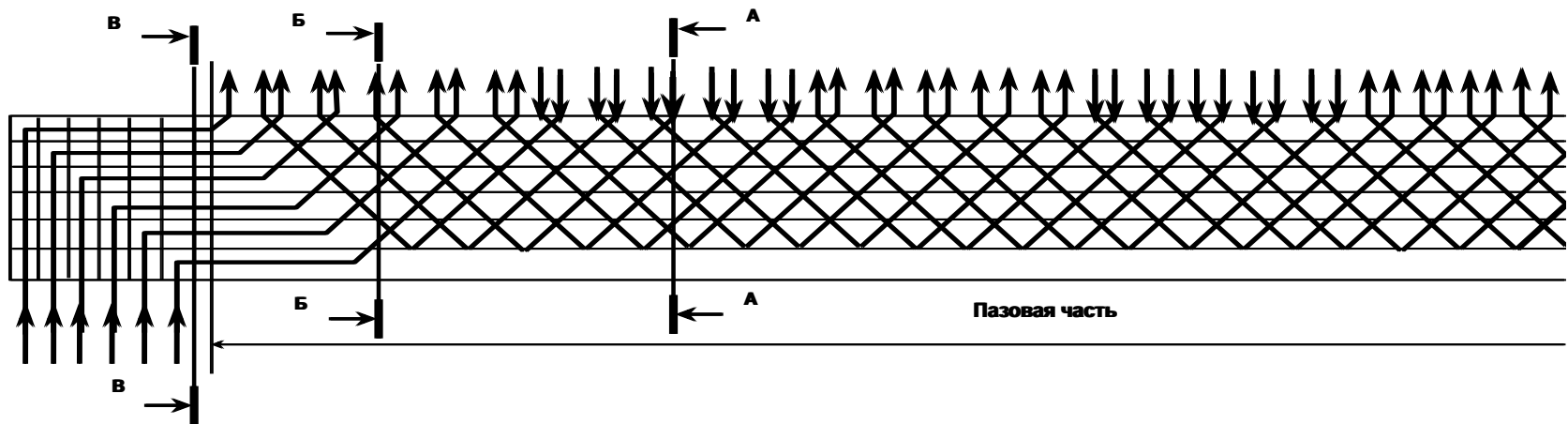


Рис. 1.10. Замкнутая система косвенного воздушного охлаждения

Синхронные генераторы



Синхронные генераторы

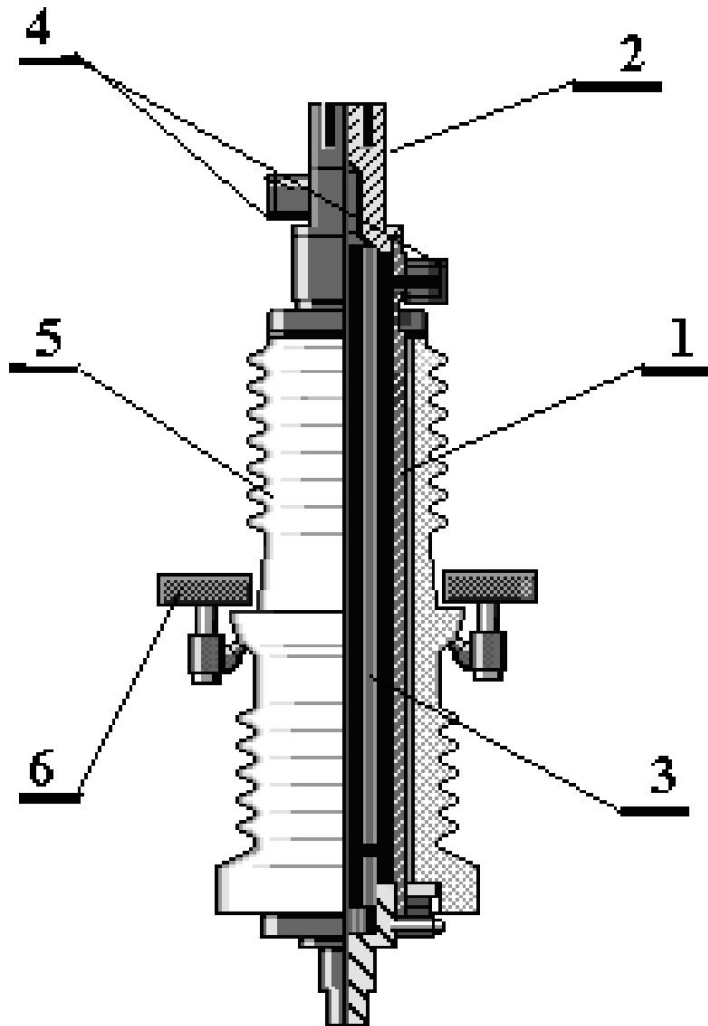


Рис. 1.5.

Вывод проходной:

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