

# **Техническая подготовка ВУС 500300**

**РАЗДЕЛ №3: Инженерные электротехнические средства**

**ТЕМА № 4: Генераторы передвижных электростанций.**

## Учебные цели:

### **Знать:**

- *общее устройство и специальные требования предъявляемые к генераторам, классификацию, назначение, порядок применения;*
- *основные характеристики генераторов установленных на передвижных электростанциях.*

## Учебные вопросы

- 1. Основные положения, специальные требования предъявляемые к генераторам передвижных электростанций и их классификация.**
- 2. Назначение, особенности устройства и порядок применения различных видов генераторов.**
- 3. Основные технические характеристики генераторов передвижных электростанций**

## *Литература*

- 1. Учебник «Военные передвижные электрические станции Издание ВИА 1957г. Глава 3;*
- 2. Практическое руководство инспектору по энергонадзору Москва Военное изд. 1983г.;*
- 3. Руководства по устройству и эксплуатации электростанций.*

# Вопрос 1. Основные положения, специальные требования, предъявляемые к генераторам передвижных электростанций и их классификация.

*Генератор является одним из главных элементов каждой электрической станции. От генератора в значительной мере зависит качество электрической энергии и надежность электроснабжения.*

*Габариты генератора оказывают значительное влияние на размеры всего агрегата.*

*Обычно длина генератора составляет половину всего агрегата, а вес—от 15% до 30% веса агрегата (табл. 7).*

*Несомненно, вес генератора, составляющий определенный процент от веса агрегата, зависит также от веса первичного двигателя и использования его в агрегате.*

Табл.7

**Весы генераторов агрегатов унифицированной серии типа АБ и АД.**

мощность агрегата, кВт. ;	4	5	10	20	30	50	75
вес генератора, % от веса агрегата	27	18	23	18	22	19	25

**Особыми условиями эксплуатации передвижных электростанций определяются следующие основные требования к их генераторам:**

- 1) минимальные вес и габариты;**
- 2) высокая механическая прочность и тряскоустойчивость;**
- 3) защищенность от пыли, грязи и атмосферных воздействий;**
- 4) стойкость против сырости;**
- 5) высокие электрические показатели;**
- 6) удобство в обслуживании и надежность в работе.**

**кроме основных требований ГОСТ 183—55, предъявляются еще требования дополнительные, обуславливаемые спецификой работы генераторов на передвижных электростанциях:**

**генераторы передвижных электростанций должны работать в тяжелых условиях:**

- 1) при температурах окружающего воздуха от  $-50^{\circ}$  до  $+50^{\circ}$ ;**
- 2) при наличии пыли и влажности, достигающей 98%;**
- 3) перевозиться на большие расстояния по грунтовым и лесным дорогам;**
- 4) десантироваться на парашютах.**

**Минимальный вес и размеры генератора достигаются повышенной скоростью вращения, применением высококачественных материалов и легких сплавов, лучшим использованием активных материалов, усиленной вентиляцией, рациональным использованием поверхностей охлаждения и совершенством конструкции машины.**

**Выполненные расчеты и разработанные конструкции генераторов повышенной частоты, сочленяемых с первичными двигателями при помощи редукторов, свидетельствуют, что значительное снижение веса и габаритов генераторов в результате повышения их скорости вращения вполне оправдывает некоторое усложнение конструкции агрегата**

**вследствие применения редукторов. Применение легких сплавов для конструктивной части генераторов (корпус, подшипниковые щиты) также позволяет снижать вес машин.**

**Во всяком случае чугунное литье для корпусов должно быть заменено цельнотянутыми трубами соответствующих диаметров или сварными трубами, изготовленными из листовой стали.**

**Относительно дополнительного перегрева нужно иметь в виду следующее:**

**согласно ГОСТ на электрические машины температура окружающей среды принята 35°.**

**Однако на передвижных электростанциях все оборудование, в том числе и генераторы, должно работать при температуре окружающей среды 50°** для этих генераторов в качестве расчетной принимается температура 40°. Допустимая нагрузка генераторов при температуре 50° определяется инструкциями по эксплуатации.

**Генератор должен выдерживать в течение 1 часа перегрузку на 10% от номинальной мощности при номинальном напряжении. Температура перегрева не оговаривается.**

**Генераторы мощностью от 30 квт и выше должны допускать кратко-временную (до 3 сек.) перегрузку по току на 100%.**

**Систематические перегревы электрической машины сокращают срок ее службы. Учитывая это обстоятельство, в тактико-технических требованиях предусматривают меньший срок службы генераторов передвижных станций. Вместо 15—20 лет, как это принято для электрических машин общего применения, для генераторов передвижных электростанций срок службы установлен в 3000 часов.**

**Опыт проектирования, изготовления и испытаний генераторов передвижных электростанций свидетельствует, что электромагнитные нагрузки ограничиваются не температурами перегрева, а величиной КПД.**

**Так как мощность первичного двигателя обратно пропорциональна КПД генератора, то снижение КПД последнего влечет увеличение мощности первичного двигателя, а следовательно, увеличение его веса и размеров.**

**Большие требования предъявляются к генераторам и в отношении тряскоустойчивости. Обычно генератор считают тряскоустойчивым, если он не повреждается при перевозках по грунтовым дорогам на расстояние не менее 1500 км, со скоростью 25—30 км/час.**

*Требуемая механическая прочность и стойкость генератора против тряски достигается надлежащим выбором деталей, их размеров и материалов, а также надежным креплением, шплинтовкой и т. д.*

*В случае установки электрических агрегатов на железнодорожном транспортном средстве, при известных скоростях движения возможно появление колебаний, вызванных резонансными явлениями, когда вынужденные колебания на стыках рельсов совпадают со свободными колебаниями рессор тележек.*

**Генераторы должны быть защищены от попадания в них пыли, грязи, снега и дождевых капель. Генераторы закрытого типа на передвижных станциях не применяются, так как это влечет увеличение их размеров и весов.**

*При работе эти крышки снимаются для улучшения условий охлаждения. Наиболее эффективным средством защиты при переездах являются капот и днище, защищающие генератор и агрегат в целом от попадания пыли и грязи сверху и снизу.*

***Стойкость против сырости обеспечивается пропиткой обмоток на заводе специальными влагостойкими составами.***

Сопротивление изоляции не должно быть ниже 3 мГ Ом в горячем состоянии и 0,5 мГ Ом после испытания в течение 48 часов на влагостойкость.

***Генераторы передвижных электростанций должны иметь высокие электрические показатели.***

Эти показатели должны обеспечивать главным образом минимальное падение напряжения при резко изменяющихся нагрузках, быстрое его восстановление при помощи регулирования возбуждения той или иной системы и устойчивость параллельной работы станций.

***Генераторы должны допускать работу при несимметричной нагрузке в пределах до 25% от номинального тока, причем отклонение напряжения одной фазы по отношению к другой или между фазами не должно превышать 10% от номинального.***

Для каждого отдельного случая эти требования могут быть уточнены в процессе заводских испытаний образца данного генератора. Отклонение формы кривой от синусоиды для генераторов трехфазного тока частотой

50 гц не должно превышать 5%.

**Генераторы должны выполняться с устройством для подавления помех радиоприему.** Основным источником радиопомех являются коллекторные машины. Помехи, создаваемые электрическими машинами с кольцами, могут также достигать значительных величин.

Существенным мероприятием, упрощающим схему подавления радиопомех и повышающим ее эффективность, является симметрирование обмоток машин (рис. 42).

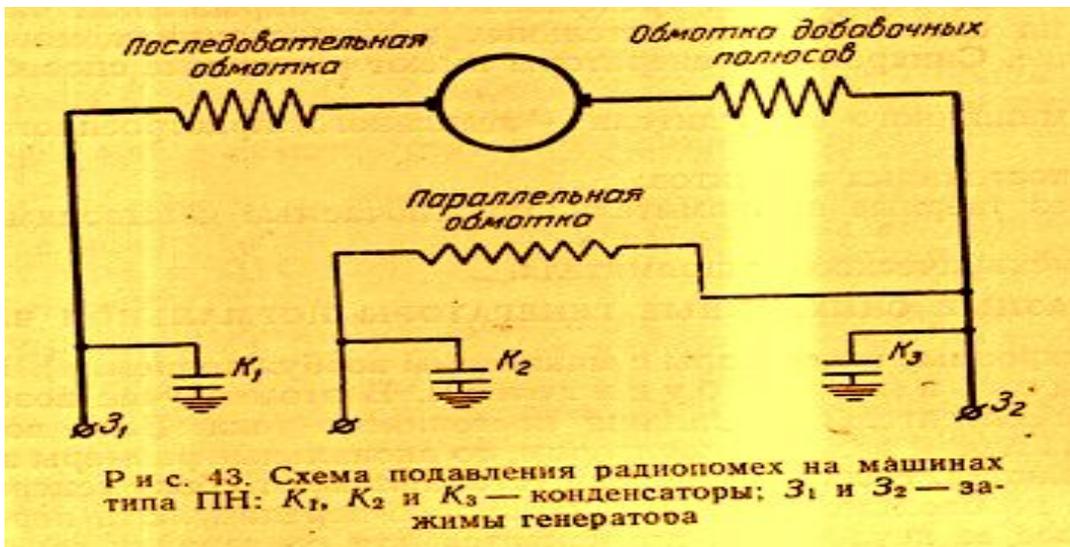
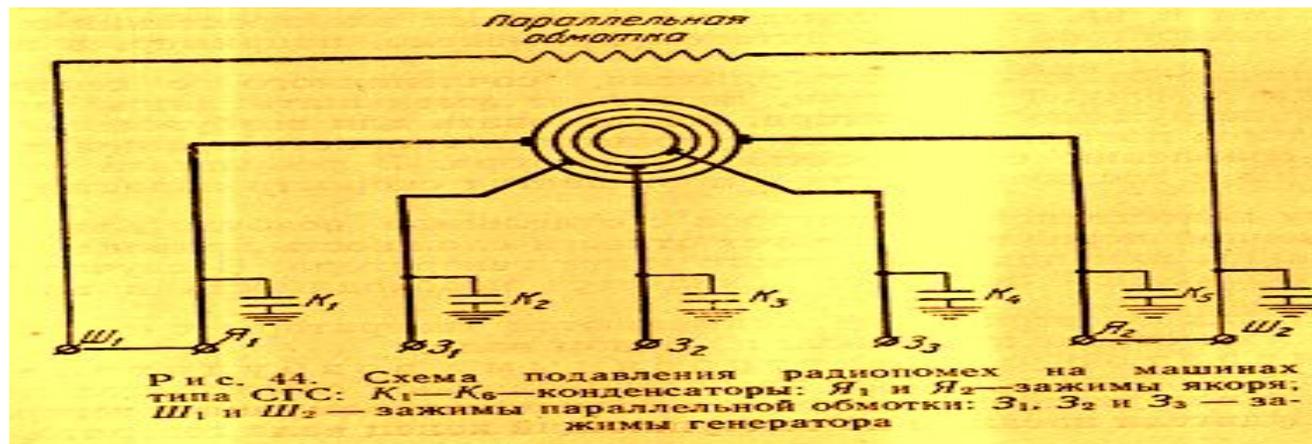


Схема подавления радиопомех, создаваемых синхронным генератором типа СГС, приведена на рис. 44.

Она тоже включает в себя конденсаторы емкостью по 0,5 мкф.



Пример практически выполненной схемы подавления радиопомех на машинах типов ПН-5, ПН-10 и ПН-17,5 постоянного тока показан на (рис. 43). Конденсаторы  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  имеют емкость по 0,5 мкф.



# Классификация генераторов передвижных электрических станции

*Различные типы генераторов, применяемых на передвижных электростанциях, могут быть подразделены на две группы:*

- *генераторы переменного тока;*
- *генераторы постоянного тока.*

**Генераторы переменного тока можно классифицировать по следующим признакам:**

- по принципу действия—синхронные, асинхронные и индукторные;**
- по числу фаз — трехфазные и однофазные;**
- по частоте — нормальной и повышенной частоты (200, 400 и 800гц).**

**Синхронные генераторы трехфазного тока нормальной частоты применяются на силовых и осветительных электростанциях мощностью от 2 кВт и более.**

**Синхронные генераторы имеют различные способы возбуждения:**

- **от машинного возбудителя—отдельного, пристроенного, встроенного;**
- **от постоянных магнитов;**
- **через твердые выпрямители, подключаемые к выводам генераторов;**
- **от механического выпрямителя.**

## Вопрос 2. Назначение, особенности устройства и порядок применения различных видов генераторов.

### Трехфазные синхронные генераторы нормальной частоты

Синхронные генераторы с машинным

✓ возбуждением  
Генератор с отдельным

возбудителем  
*В этом случае возбудителем является самостоятельная машина постоянного тока.*

*Если возбудитель находится на одном валу с генератором, то аксиальные размеры значительно увеличиваются.*

*Если возбудитель устанавливают сбоку генератора или над ним, то необходимо применять ременную передачу. Эта передача, несмотря на все ее неудобства,*

✓ применяется для сочленения генераторов с возбудителями и на современных  
Генератор с пристроенным  
передвижных электростанциях.

возбудителем  
*В этом случае возбудитель уже не представляет собой самостоятельной машины. Корпус возбудителя пристроен к подшипниковому щиту генератора, а якорь возбудителя насажен на выступающий конец вала генератора.*

*Примером такой конструкции генераторов являются генераторы серий С, СГ, СГК и ДГС.*

**В последнее время в дизельных агрегатах трехфазного тока наибольшее распространение получают генераторы типа ДГС.**

**Они имеют усиленное крепление полюсов, усиленные вентиляторы, изоляцию обмотки индуктора класса В и фланцевое соединение. Они выполняются с одним или двумя щитовыми подшипниками. Возможно исполнение и без подшипников.**

**Генераторы серии ДГС разработаны на базе асинхронных электродвигателей серии МА.**

**Исполнение генераторов—брызгозащищенное, с**

**Генераторы ДГС имеют аксиальную систему вентиляции.**

**Поток охлаждающего воздуха засасывается вентилятором по двум параллельным путям:**

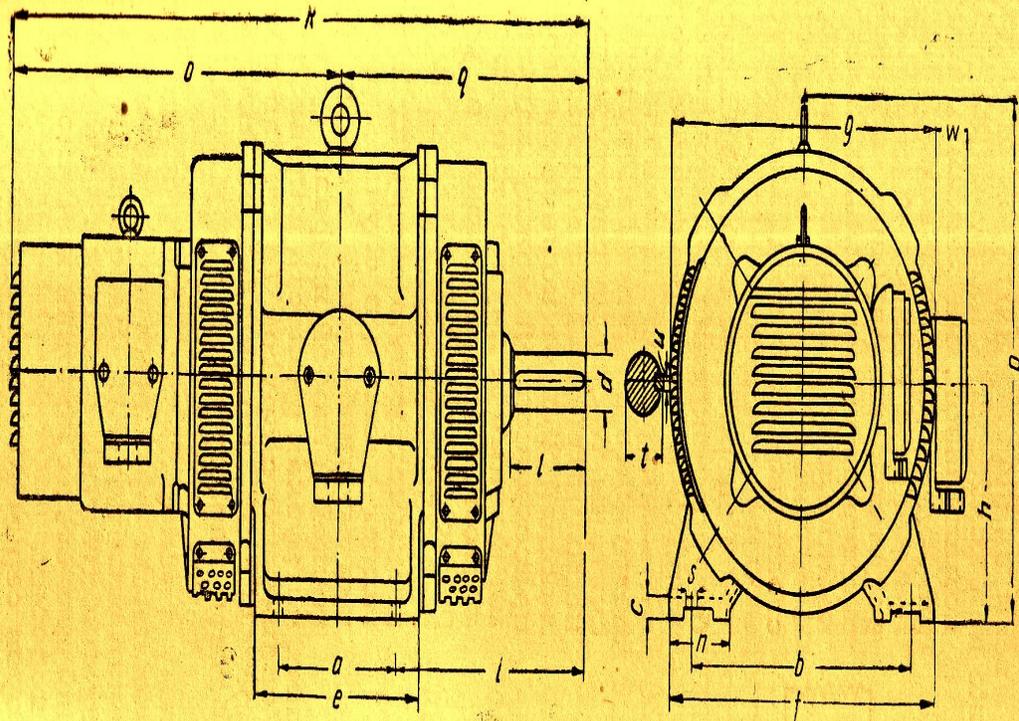
- **первый путь — окна со стороны, возбuditеля, каналы между пакетом стали статора и станиной, пространство между лобовой частью обмотки статора и диском вентилятора;**
- **второй путь — возбuditель, окна капсуля шарикоподшипника, междуполюсное пространство ротора. Собственного вентилятора**

**Достоинства генераторов ДГС имеет.**

- **простота конструкции вследствие отсутствия подшипников возбuditеля; надежность работы вследствие отсутствия передачи;**
- **однотипность с генераторами народного хозяйства.**

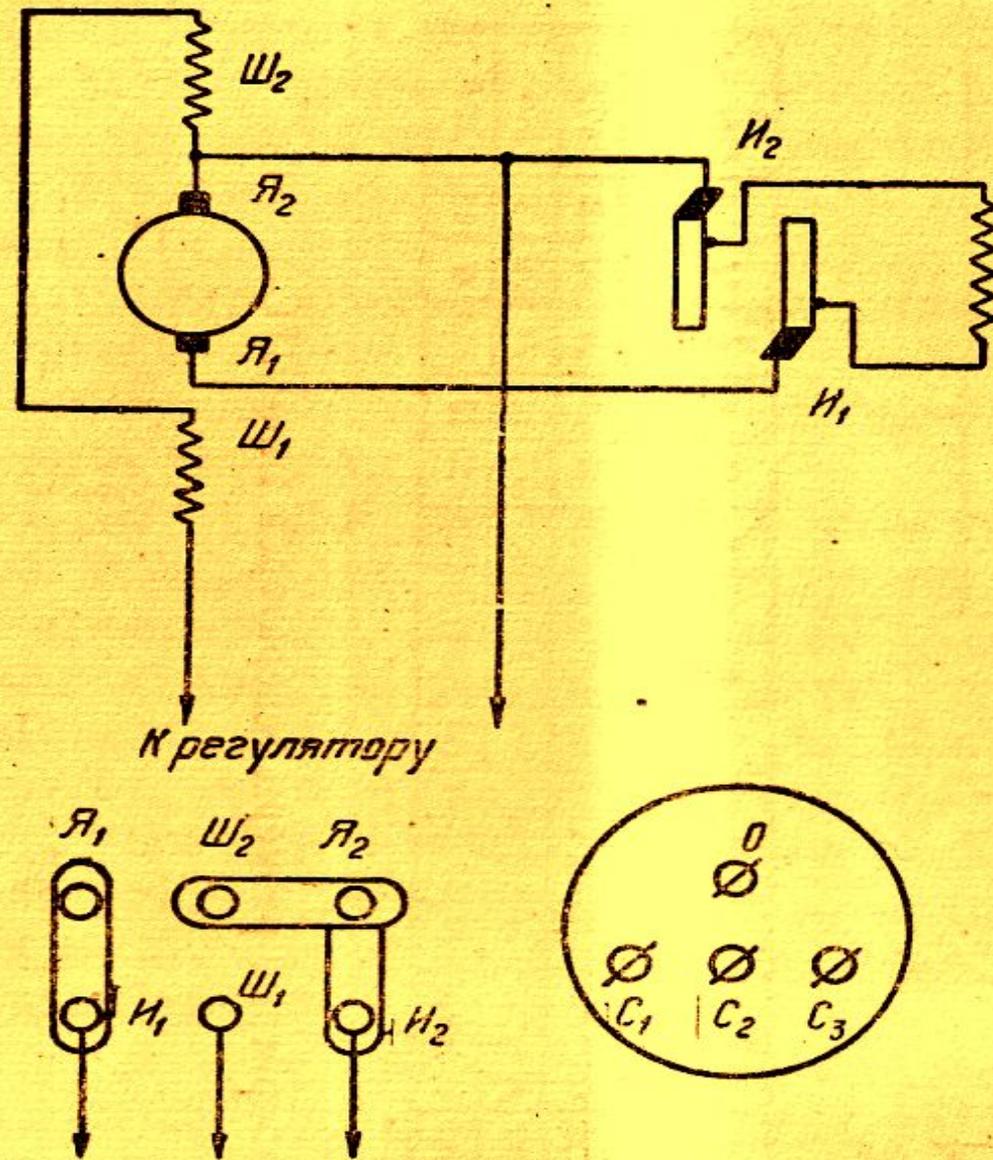
**Недостатки генераторов типа ДГС:**

- **большая их длина;**
- **возможность биения коллектора из-за натяжения шпонкой или изгиба вала;**
- **большой вес вследствие применения чугунного литья;**
- **трудность обслуживания щеточного аппарата на кольцах генератора.**



Тип	Мощн		об/мин	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	p	q	s	t	u	w	Вес, кг
	кВА	кВт																					
ДГС 82/4	25	20	1500	220	410	25	60	310	490	490	250	355	1020	140	615	110	550	465	22	65,5	18	65	350
ДГС 91/4	37,5	30	1500	140	500	30	75	252	600	550	280	412	1150	140	668	130	625	482	27	81	20	70	475
ДГС 92/4	62,5	50	1500	260	500	30	75	372	600	550	280	412	1270	140	728	130	625	51,2	27	81	20	70	600
ДГС 81/4	15	12	1500	150	410	25	60	240	490	490	250	355	1010	140	580	110	550	430	22	65,5	18	65	300

Р и с. 45. Чертеж и габаритные размеры генераторов типа ДГС



Р и с. 46. Схема электрических соединений генератора типа ДГС

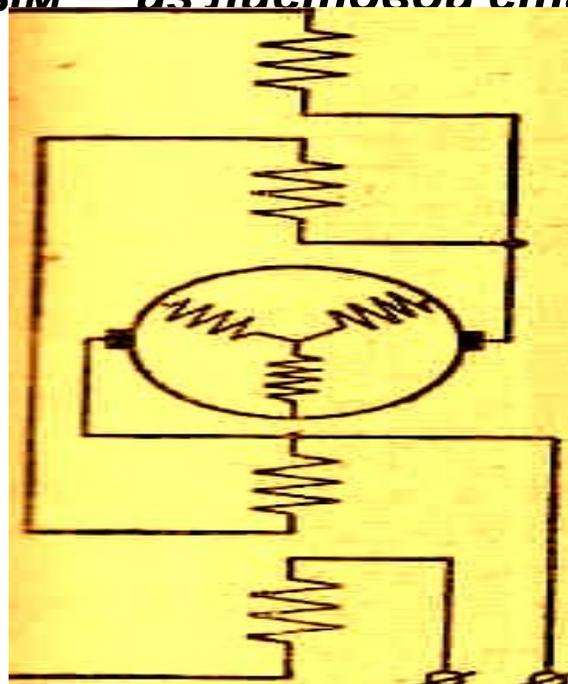
✓ Генератор со встроенным машинным возбудителем (СГС).

**Чтобы избавиться от отдельного или пристроенного возбудителя, был создан самовозбуждающийся синхронный генератор выполнен обращенным, по типу машин постоянного тока, с неподвижной насыщенной магнитной системой и вращающимся якорем имеющим две обмотки.**

**Одна из обмоток предназначена для возбуждения генератора постоянным током, другая — обмотка переменного трехфазного тока присоединена к контактными кольцам.**

**Корпус генератора выполнен сварным — из листовой стали или из стальной трубы.**

На рис. 47 изображена схема электрических соединений генератора па СГС.



- ✓ Синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов
- ✓ у данных генераторов КПД выше, чем у генераторов той же мощности, но имеющих обмотку возбуждения, так как в этой обмотке теряется 3—4% мощности генератора.
- ✓ Скользящие контакты при вращающихся магнитах полностью отсутствуют, и по конструктивному исполнению такой генератор похож на асинхронный

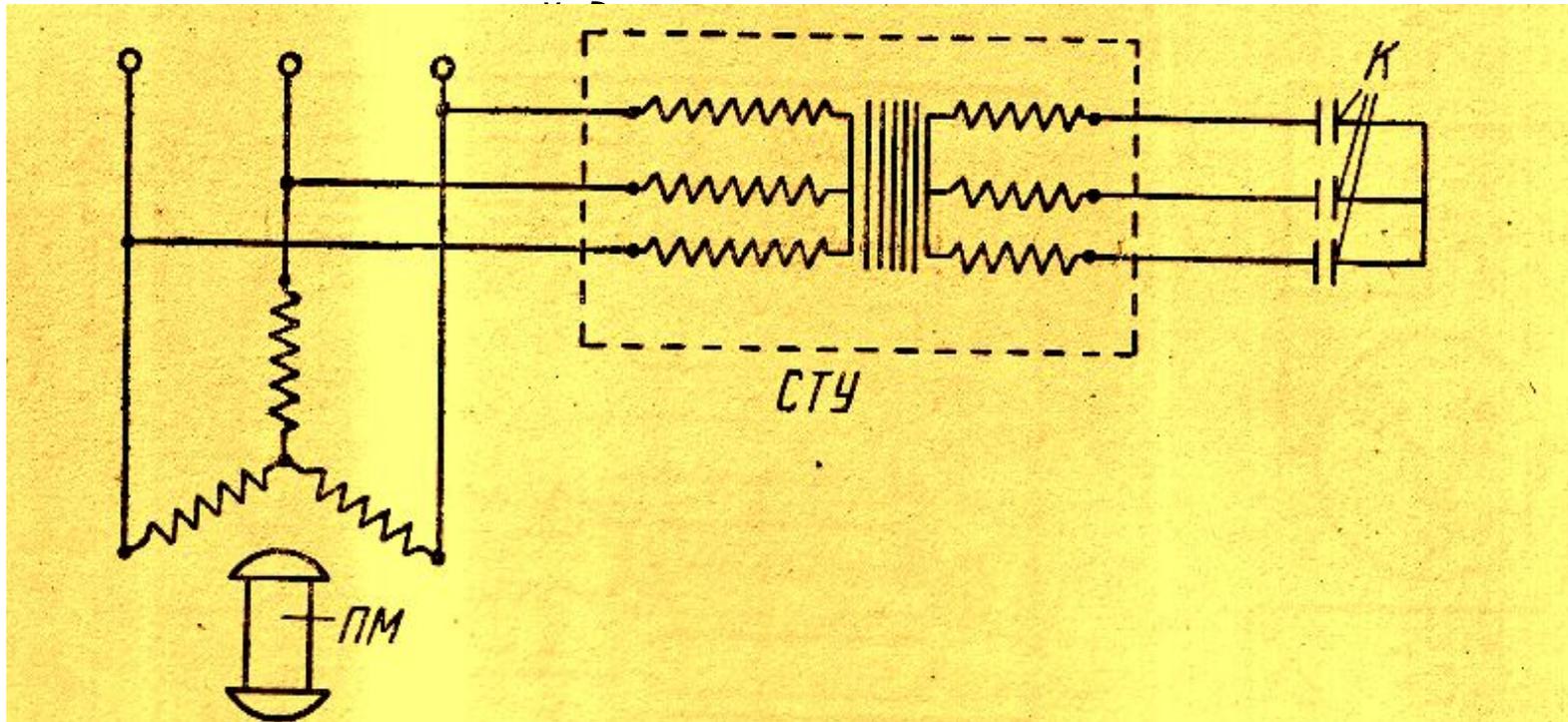


Рис. 49. Схема электрических соединений генератора с постоянными магнитами: ПМ — постоянный магнит; СТУ — стабилизирующее устройство; К — конденсаторы

На рис 49. Изображена схема электрических соединений генератора с постоянными магнитами ПМ вместе со стабилизирующим устройством СТУ. Стабилизация напряжения осуществляется емкостным током, подмагничивающим машину.

✓ **Синхронные генераторы с возбуждением через твердые выпрямители.**

**Для самовозбуждения синхронного генератора с твердыми выпрямителями необходимо, чтобы остаточный магнетизм был достаточной величины, для чего принимают специальные меры:**

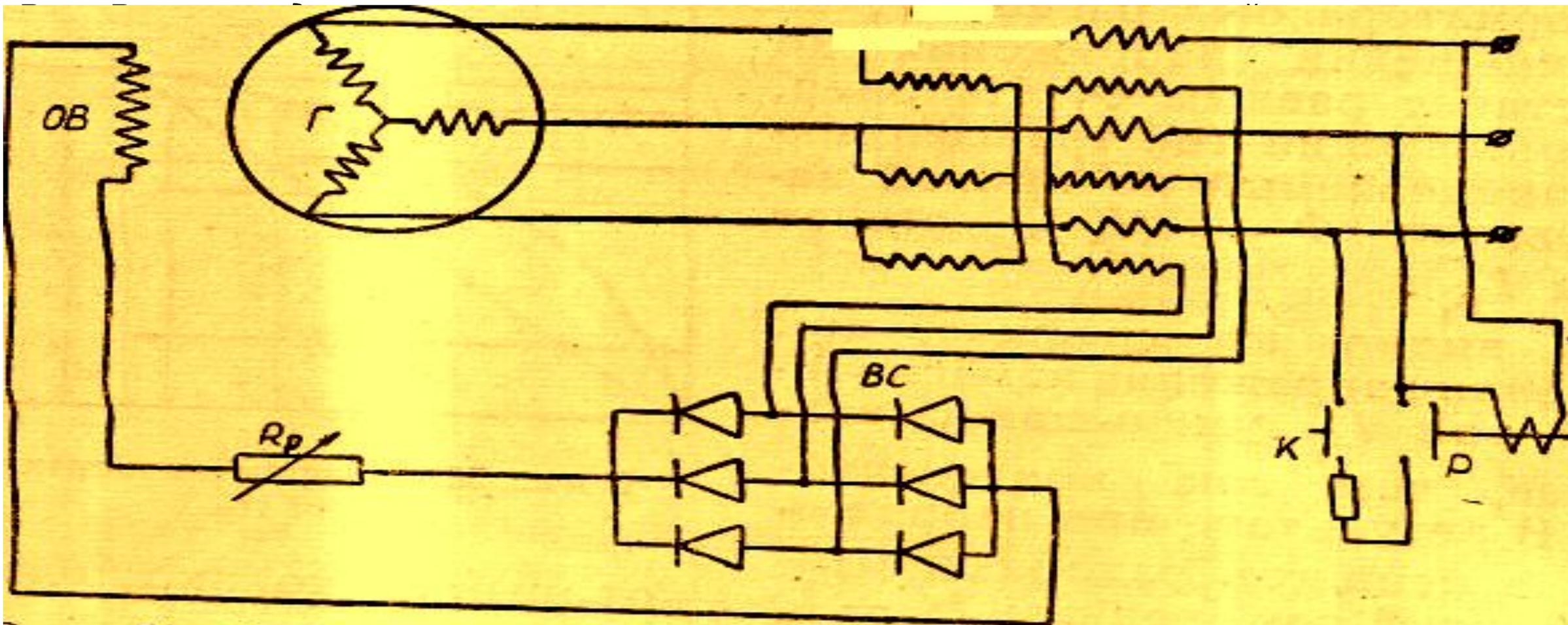
- **устанавливают магнитные прокладки под полюсы;**
- **часть стальных листов полюсов выполняют из специальных сталей, обладающих большой коэрцитивной силой;**
- **в процессе самовозбуждения замыкают накоротко внешнюю цепь генератора и устанавливают дополнительные полюсы из постоянных магнитов.**

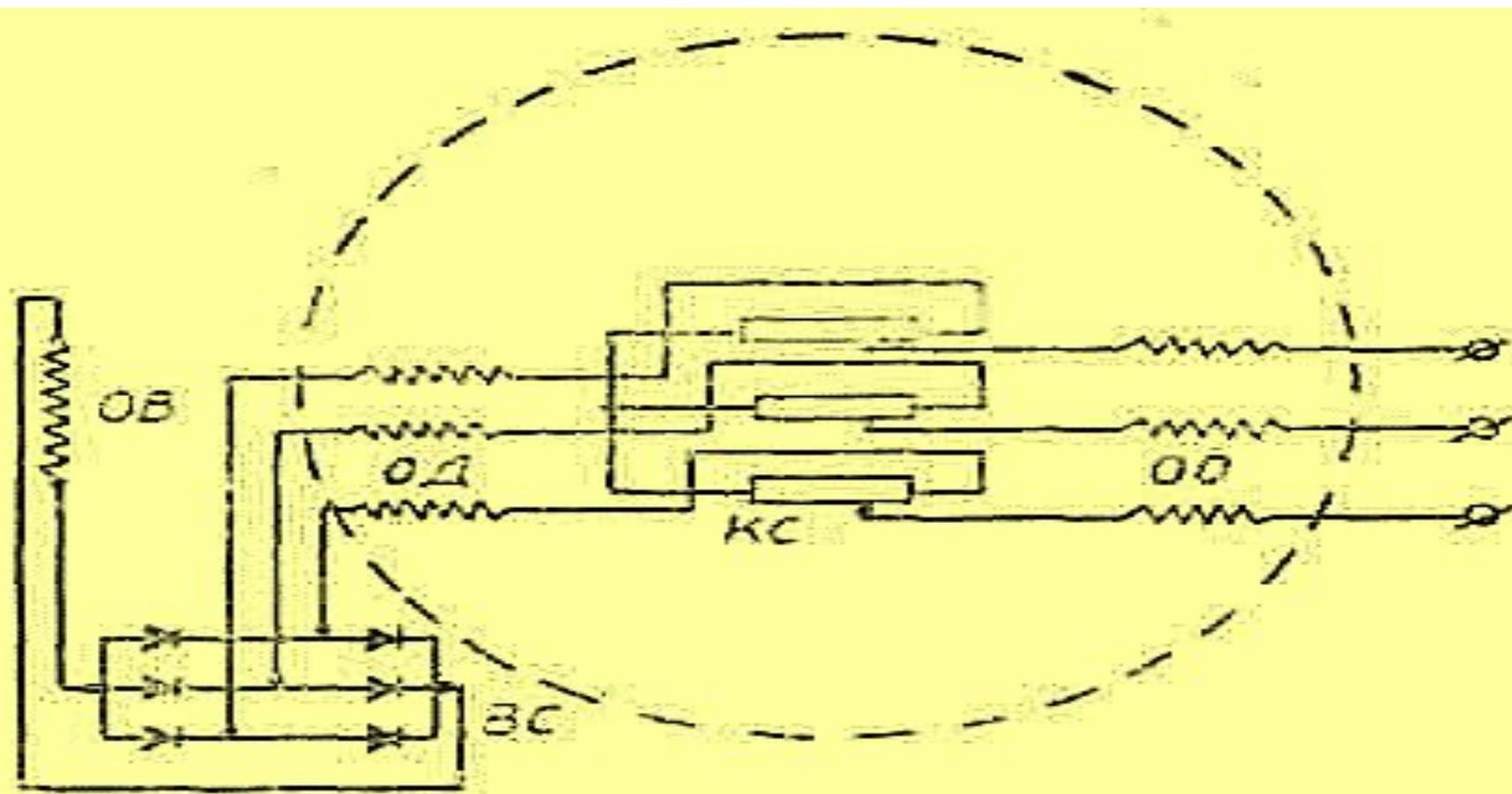
**При больших напряжениях присоединение выпрямителей можно осуществлять одним из следующих способов:**

- **к части основной обмотки генератора;**
- **к вспомогательной обмотке;**
- **к двух или трехобмоточному трансформатору.**

На рис 51 изображена схема электрических соединений генератора с возбуждением от селеновых выпрямителей, присоединенных к трехобмоточному компаундирующему трансформатору.

Кнопка К служит для осуществления КЗ между фазами способствующего самовозбуждающего генератор





Р и с. 52. Принципиальная схема электрических соединений генератора трехфазного тока агрегата из серии АБ: *ОО* — обмотка основная; *ОД* — обмотка дополнительная; *КС* — компенсирующие сопротивления; *ВС* — выпрямители селеновые; *ОВ* — обмотка возбуждения.

На рис. 52 изображена принципиальная схема электрических соединений генератора трехфазного переменного тока агрегатов из серии АБ.

Для обеспечения самовозбуждения генератора, кроме основных полюсов с обмотками возбуждения, предусмотрены еще два вспомогательных полюса. Они выполнены из постоянных магнитов и размещены между двумя основными полюсами ротора (рис. 53).

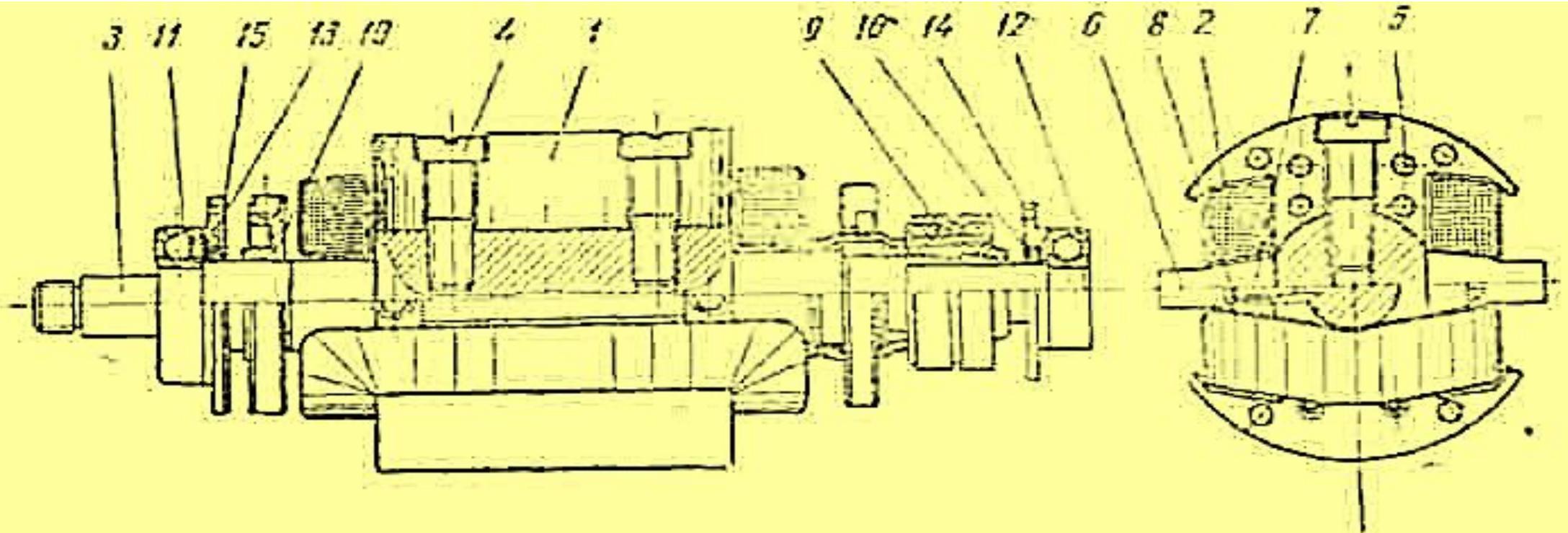
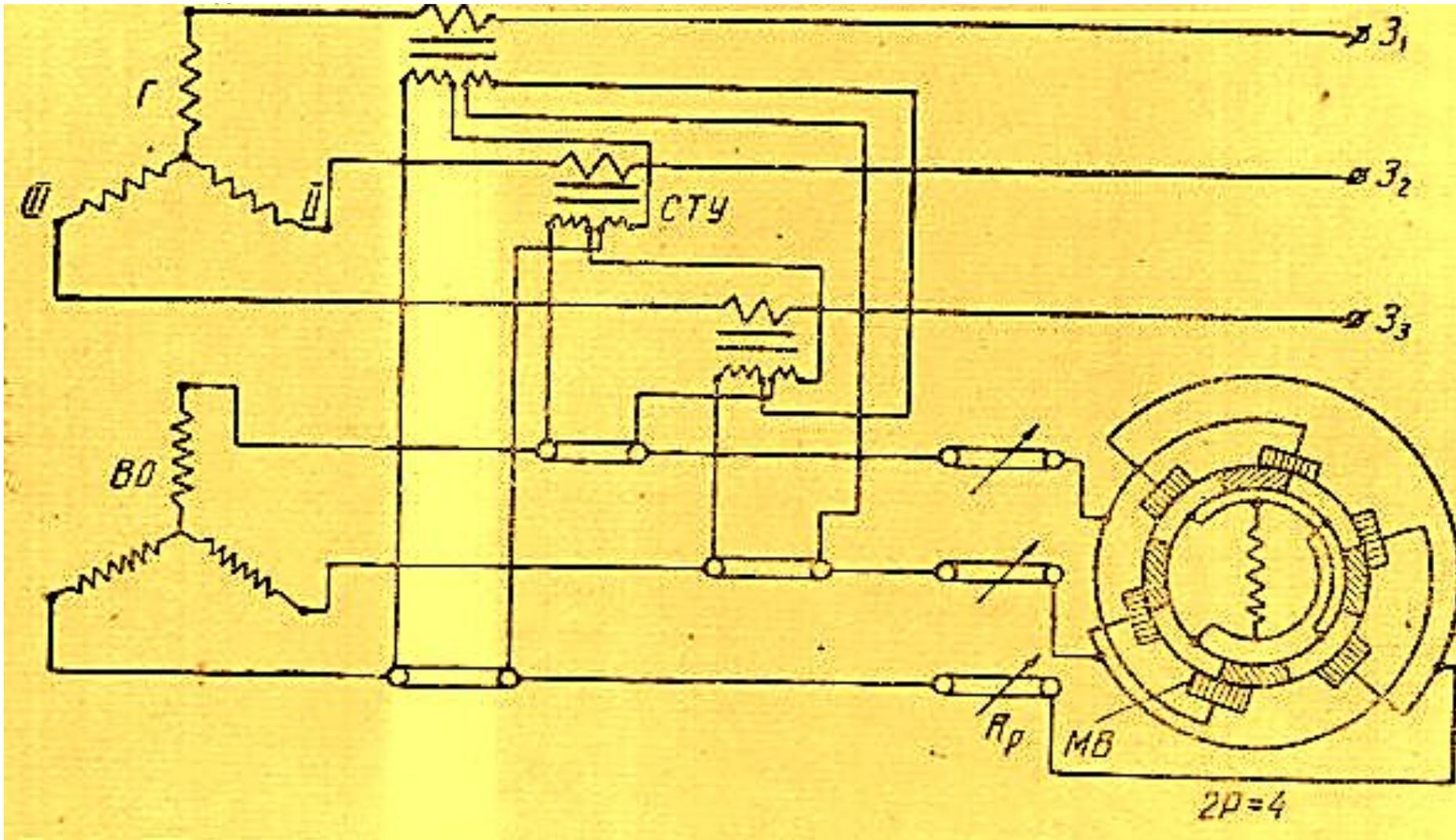


Рис. 53. Ротор генератора ГАБ-2-Т/230: 1 — полюс; 2 — катушка; 3 — вал; 4 — винты, крепящие полюсы к валу; 5 — шпильки, стягивающие пакет полюса; 6 — постоянный магнит; 7 — болты, крепящие магнит к валу; 8 — стопорная шайба; 9 — контактное кольцо; 10 — балансировочное кольцо; 11 и 12 — шариковые подшипники; 13 и 14 — внутренние крышки подшипников; 15 и 16 — фетровые уплотнения.

# Синхронный генератор с механическим выпрямителем системы Таманцева (СГТ).

Для изменения установки напряжения генератора в каждую фазу обмотки возбуждения на выходе перед щетками введен регулировочный реостат  $R_p$  (рис. 56),



Р и с. 56. Схема электрических соединений генератора с механическим выпрямителем системы Таманцева: СТУ— стабилизирующее устройство; Г—генератор; ВО—вспомогательная обмотка; МВ—механический выпрямитель; 31, 32 и 33—зажимы генератора;  $R_p$  -- регулировочный реостат.

## ОДНОФАЗНЫЕ СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НОРМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Однофазные синхронные генераторы находят большое применение на небольших, главным образом переносных, станциях. В связи с этим особое внимание уделяется уменьшению их веса и габаритов, чтобы агрегат в целом был легким и транспортабельным. Вместе с тем всегда стремятся повысить их КПД.

В агрегатах мощностью 2 кВт мощность возбуждения составляет 5— 10% мощности агрегата. Для агрегата же мощностью 50 кВт мощность возбуждения составляет 2% от мощности агрегата. Сравнительные данные об удельных весах генераторов малой мощности, но имеющих различные системы возбуждения, приведены в табл. 8.

**Сравнительные данные генераторов**

Тип генератора	Мощность $P$ , <i>вт</i>	Скорость вращения $n$ , об/мин	Вес $G$ , кг	Удельный вес $G/P$ кг/кВт
АПН-10 .....	750	1500	65	87
АПН-28,5 .....	1800	1500	75	52
С селеновым возбуждением	750	3000	22	30

Согласно этим данным, генератор малой мощности с машинным воз-будителем не пригоден. Для этих целей целесообразно выполнять генераторы с возбуждением от селеновых выпрямителей. Такие генераторы могут иметь следующие электрические схемы (рис. 57, 58 и 59).

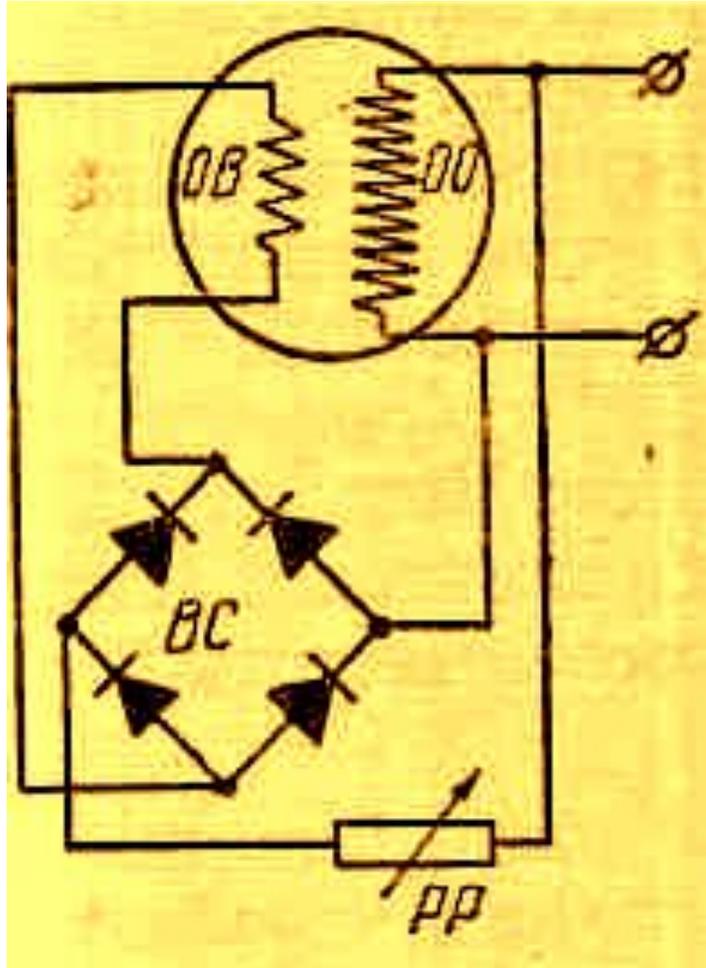


Рис 57

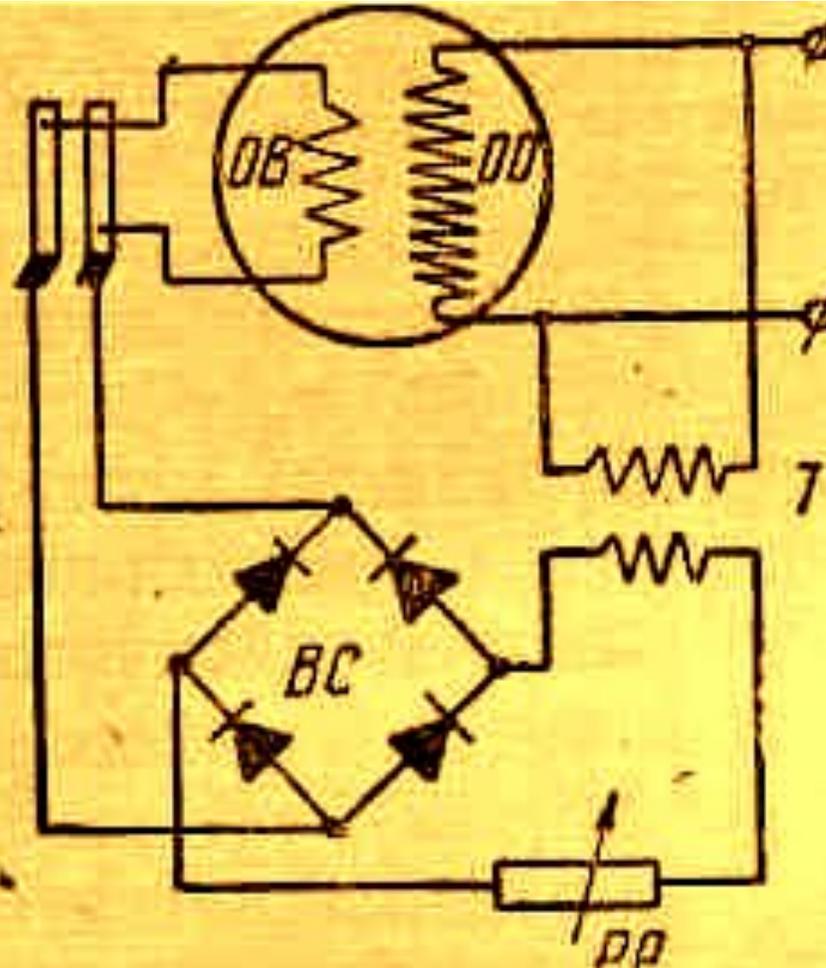


рис 58

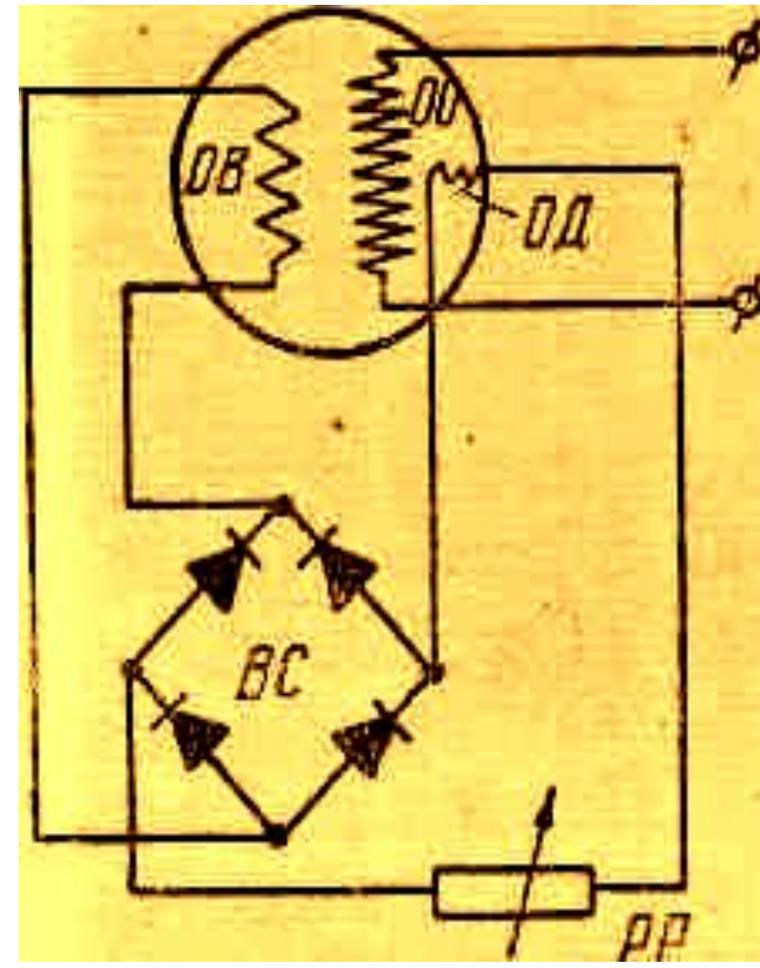


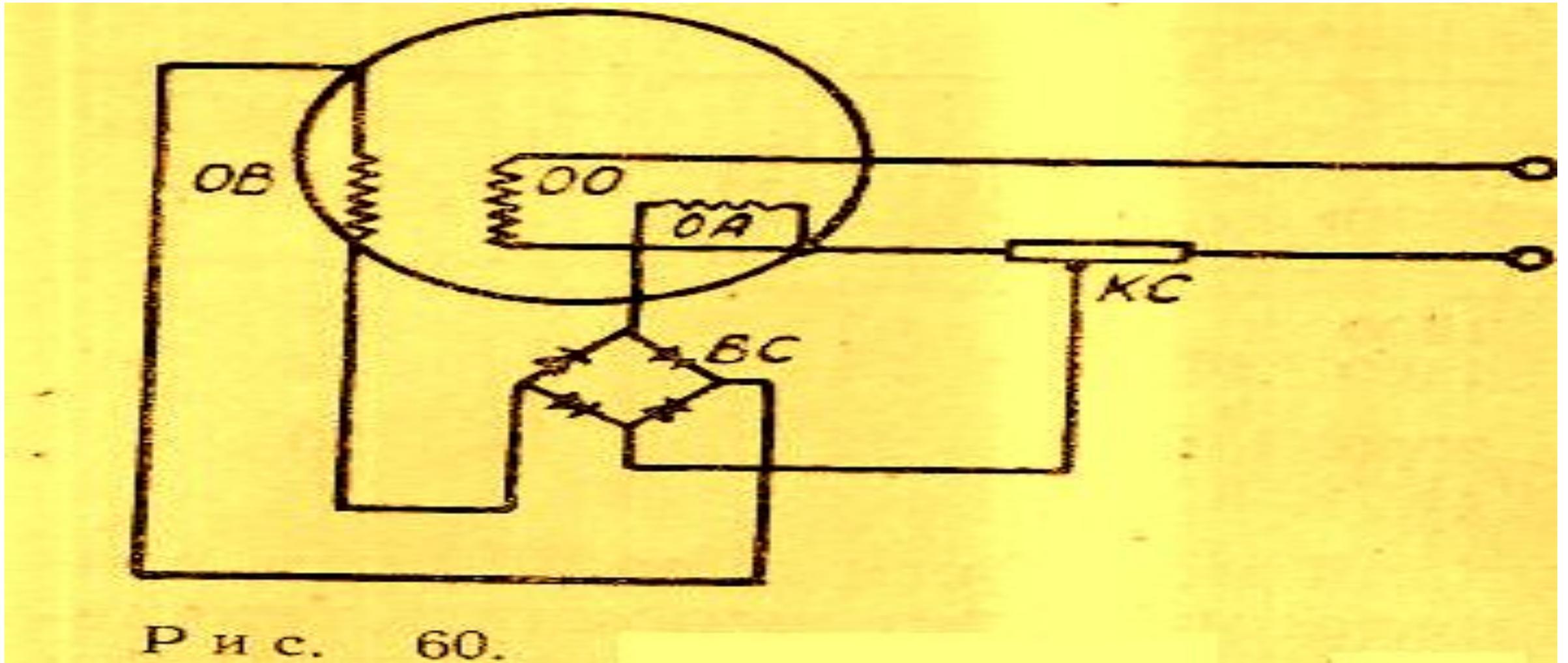
рис 59

**Рис. 57.** Схема электрических соединений однофазного генератора с питанием обмотки возбуждения от селеновых выпрямителей, присоединенных к зажимам генератора:  
*00* — обмотка основная; *0В*— эбмотка возбуждения;  
*С*—выпрямитель селеновый; *РР*—регулировочный реостат

**Рис. 58.** Схема электрических соединений однофазного генератора с питанием обмотки возбуждения от селеновых выпрямителей, при-соединенных к зажимам генератора через понизительный трансформатор:  
*00* — обмотка основная; *0В* — обмотка возбуждения; *ВС* — выпрямитель селеновый; *Т*— трансформатор; *РР* — регулировочный реостат

**Рис. 59.** Схема электрических соединений однофазного генератора с питанием обмотки возбуждения от селеновых выпрямителей. присоединенных к зажимам дополнительной обмотки:  
*00* — обмотка основная; *ОД* — обмотка дополнительная; *0В* — обмотка возбуждения;  
*ВС* — выпрямитель селеновый.

Для агрегатов однофазного переменного тока из серии АБ применяется генератор, принципиальная электрическая схема которого изображена на рис.



Р и с. 60.

**00 — обмотка основная; 0А — обмотка дополнительная; 0В — обмотка возбуждения; ВС — выпрямитель селеновый; КС — компаундирующее**

# ГЕНЕРАТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

*Генераторы повышенной частоты служат для питания различных объектов, имеющих оборудование, рассчитанное на частоту тока больше 50 гц.*

*Повышение частоты позволяет уменьшать вес и габариты основных элементов электрооборудования — генераторов, электродвигателей и трансформаторов.*

**Произведенные расчеты и опыты свидетельствуют, что оптимальная частота лежит в диапазоне 300— 800 Гц.**

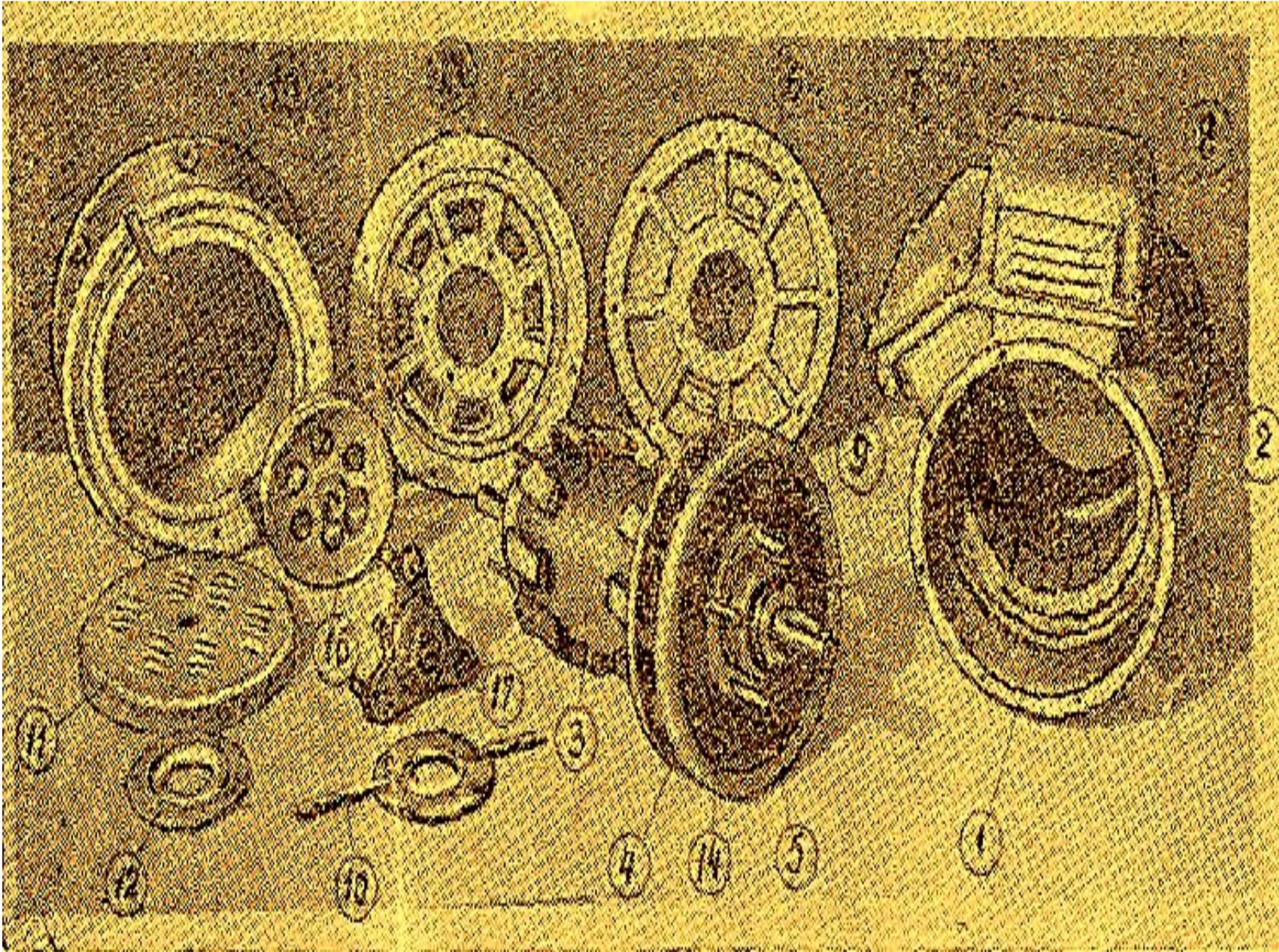
***Частота 200 Гц применяется для питания ручных электрифицированных инструментов.***

***Частоты 400 и 800 Гц используются в разного рода радиотехнических установках.***

***Частоты 1000 в 2000 Гц применяются для индукционного нагрева.***

***Частоты больше 2000 Гц являются для машин высокими частотами.***

**Индукторные генераторы** — это такие генераторы, у которых магнитная индукция в любой точке поверхности расточки якоря изменяется только по величине, без



Р и с. 62. Индукторный генератор однофазного тока:

- 1—обмотка переменного тока;
- 2— корпус генератора;
- 3 — ротор;
- 4—вентилятор;
- 5—шарикоподшипник;
- 6— задний щит;
- 7— литая коробка;
- 8—жалюзи коробки;
- 9—сальники;
- 10—трубка смазки;
- 11— колпак;
- 12—наружный фланец;
- 13—передний щит;
- 14—внутренний фланец;
- 15— кольцевой щит;
- 16 — шкив;
- 17 — полумуфта.

На рис. 62 изображен индукторный генератор однофазного тока мощностью 4 кВт, напряжением 115 или 230 в, частотой 400 гц. Такой генератор установлен в агрегате типа АЛБ-8.

### **Индукторные генераторы разделяются на:**

- постоянно полюсные, у которых поток зубца ротора не меняет знака;*
- переменно полюсные, у которых поток зубца периодически меняет знак.*

***Наиболее распространенными являются постоянно полюсные генераторы.***

***Индукторные генераторы предназначены для электроснабжения потребителей, требующих энергию при повышенной или высокой частоте. Такими потребителями являются радиолокационные установки, электрическая сварка на переменном токе, индукционные печи и пр.***

# АСИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Асинхронная машина может работать в генераторном режиме при условии, что её статор будет присоединён к источнику переменного тока, а ротор будет приводиться в движение первичным двигателем со скоростью вращения больше синхронной.

В этом случае электродвижущая сила и ток ротора изменят свой знак. Изменение направления тока ротора в свою очередь обусловит изменение знака его намагничивающей силы.

Согласно же закону равновесия намагничивающих сил ротора и статора, активный ток в последнем тоже должен изменить свое направление, что будет свидетельствовать о переходе асинхронной машины в режим генератора. Таким образом, при независимом возбуждении асинхронная машина будет работать в режиме генератора при скольжении  $S < 0$ .

При переходе асинхронного двигателя в режим генератора, в обмотке статора изменяет свое направление только активная составляющая тока. Намагничивающий ток неизменно должен создавать магнитный поток  $\Phi$ , достаточный для создания электродвижущей силы  $E_1$ , в любой момент, равной приложенному напряжению  $U_1$  и противоположной ему по знаку.

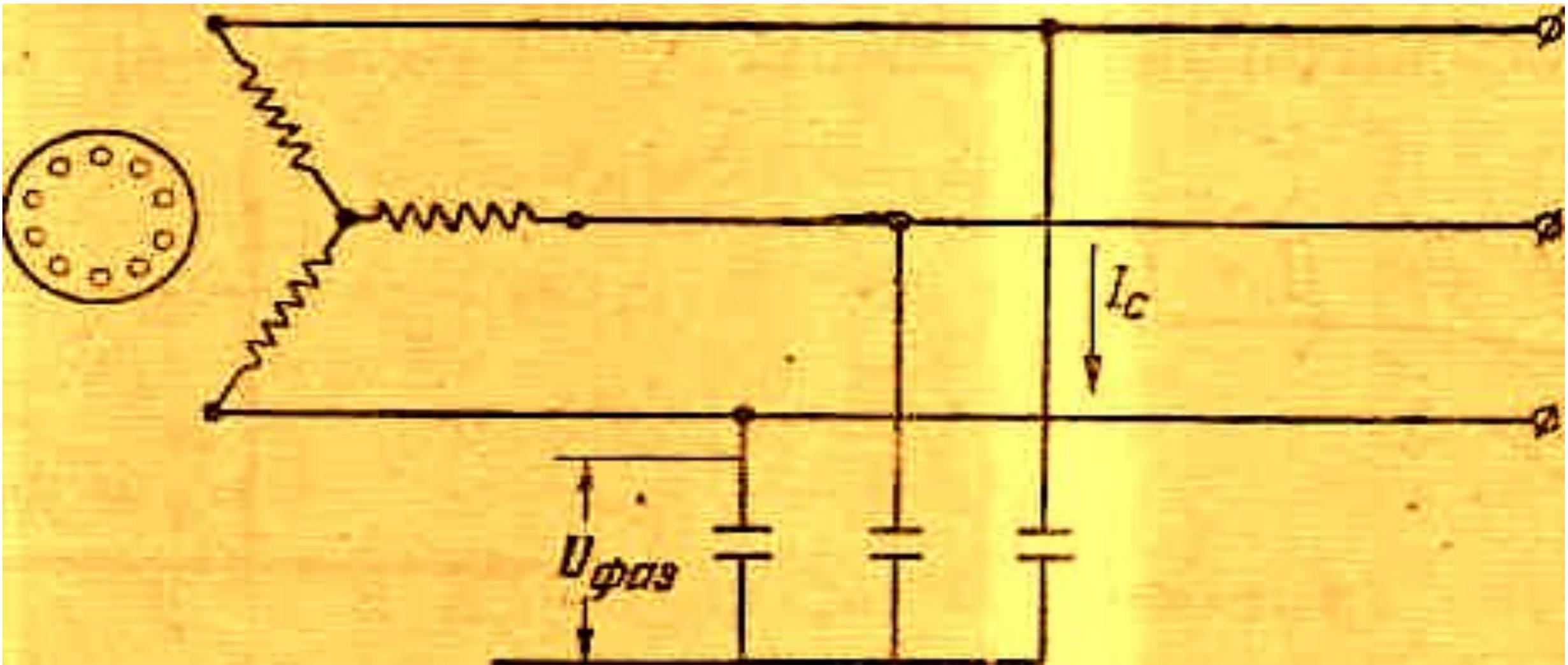


Рис. 63. Принципиальная схема электрических соединений автономного асинхронного генератора

# ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В качестве генераторов постоянного тока на передвижных станциях применяются машины с параллельным или смешанным возбуждением.

***Генераторы со смешанным возбуждением могут быть выполнены с любой внешней характеристикой, в частности с такой, при которой напряжение на зажимах генератора не будет зависеть от нагрузки.***

Такая характеристика наиболее полно отвечает требованиям осветительной нагрузки. Поэтому на зарядно-осветительных станциях до настоящего времени применялись генераторы со смешанным возбуждением.

***Генератор с параллельным возбуждением не подвержен перемагничиванию в случаях изменения направления тока в цепи аккумуляторов. Однако его внешняя характеристика не обеспечивает постоянства напряжения. Поэтому электростанции с генераторами параллельного возбуждения должны иметь автоматические регуляторы напряжения.***

На зарядно-осветительных станциях применяются генераторы серии ПН. Такие генераторы изготавливаются мощностью от 0,37 до 130 кВт напряжением 115, 230 и 460 в и имеют скорости вращения от 970 до 2860 об/мин.

Для зарядки аккумуляторных батарей выполняются генераторы с параллельным возбуждением, с регулированием напряжения в пределах от 115 до 160 в или от 230 до 320 в посредством изменения тока возбуждения.

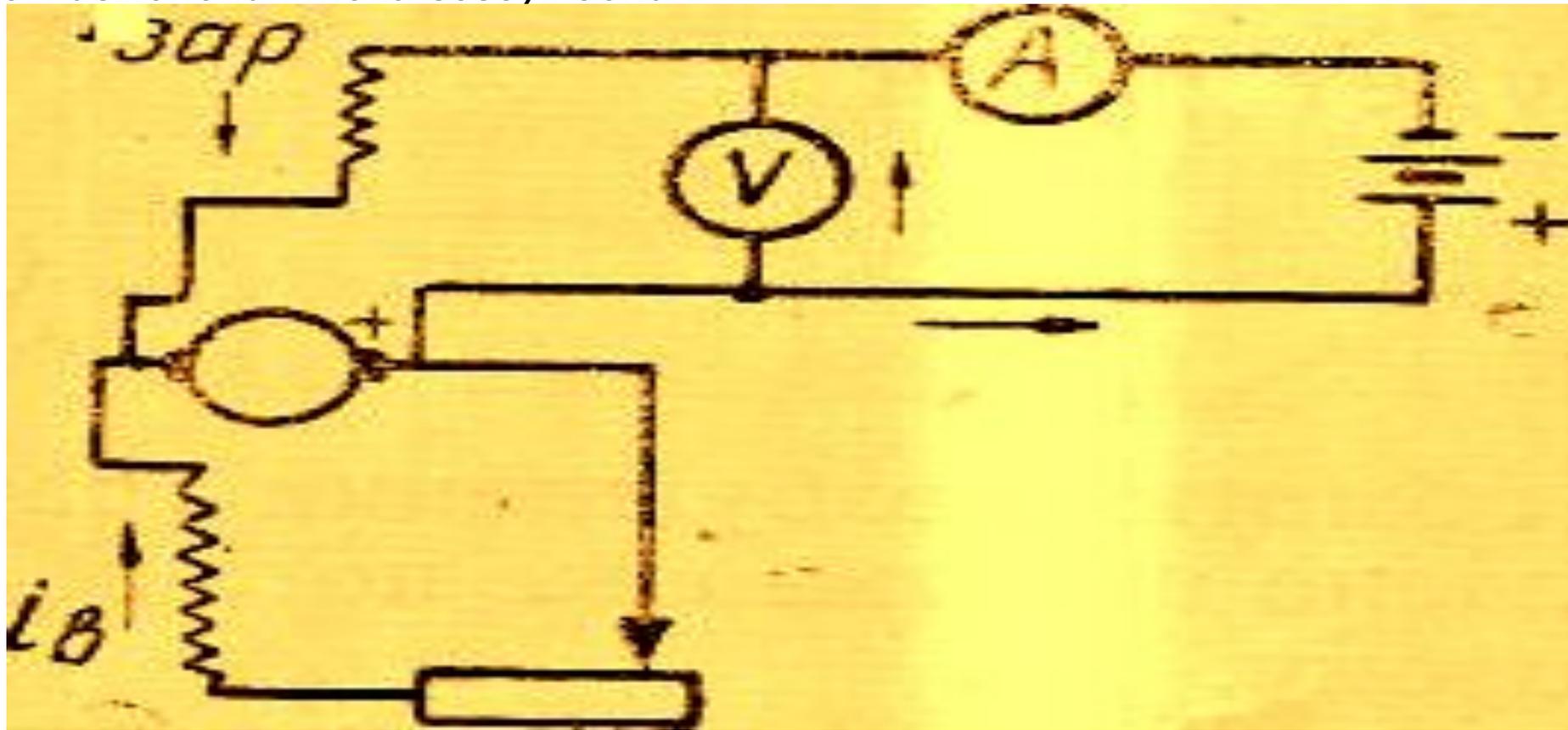


рис. 68. Схем электрических соединений для зарядки аккумуляторов от генератора со смешанным возбуждением, нормальная схема зарядки;

**Вопрос 3. Основные технические характеристики генераторов  
передвижных электростанций.**