

КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ
по дисциплине

**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ»**

лекция №21

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., доцент кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ №21

Тема 21. Электрическая часть машин для сварки давлением.

Электрическая часть машин для сварки давлением. Режим работы, основные энергетические параметры, нагрузочные и внешние характеристики машин. Требования ГОСТ 297-80. Электрические силовые цепи основных типов контактных машин. Особенности устройства трансформаторов сварочных машин, регулирование мощности.

Электрическая часть машин должна развивать при сварке требуемую мощность с достаточно высоким КПД и без недопустимого нагрева ее элементов; иметь соответствующую нагрузочную характеристику и обеспечивать безопасность работы.

При этом важными показателями машин являются потребляемая мощность из сети при заданном сварочном токе, коэффициент мощности машины и другие параметры.

Машины контактной сварки, как правило, работают в режиме с постоянными чередованиями включения и выключения сварочного тока, связанными с установкой деталей для сварки, съемом деталей и другими операциями.

Такой режим работы электрической машины, при котором кратковременная нагрузка (сварочный ток) чередуется с отключениями машины (пауза), называется повторно-кратковременным-режимом.

Он характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью включения (ПВ), определяемой по формуле:

$$ПВ=100 \cdot t_{св} / t_{ц}$$

где $t_{св}$ — время сварки и $t_{ц}$ — длительность полного цикла сварки
ПВ зависит от назначения машины и обусловлено технологией изготовления изделий тем или иным видом контактной сварки (для точечных машин—20%, шовных — 50%, стыковых — 20~30%, для трубосварочных станков — 100%).

Соотношение между кратковременным и длительным токами выводят из равенства теплоты, выделяемой, в токоведущем элементе с сопротивлением r за время $t_{\text{ц}}$ при продолжительном режиме работы (ПВ=100%), и теплоты, выделяемой при протекании тока в повторно-кратковременном режиме (ПВ):

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{дл}} \sqrt{100/\text{ПВ}},$$

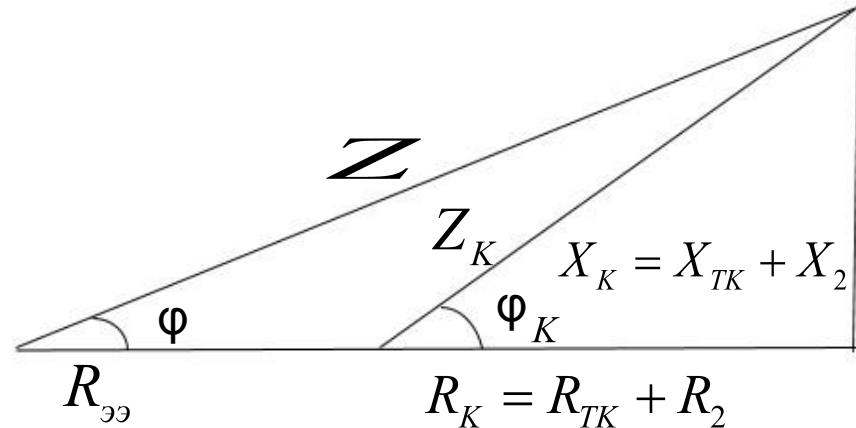
$$I_{\text{дл}} = I_{\text{кр}} \sqrt{\text{ПВ}/100}.$$

Из соотношения следует, что кратковременный ток во вторичном контуре может быть различным в зависимости от длительного тока и принятого ПВ. Причем при малом ПВ можно получать очень большой кратковременный ток. Это справедливо только с точки зрения нагрева элементов машины. Максимальное значение кратковременного тока I_2 зависит от установленного вторичного напряжения при х.х. сварочного трансформатора U_{20} и полного сопротивления Z сварочной цепи.

$$I_2 = \frac{U_{20}}{Z} = \frac{U_{20}}{\sqrt{(R_2 + R_{\text{БК}} + R_{\text{эз}})^2 + (X_{\text{TK}} + X_2)^2}}$$

где R_2 , R_{TK} , $R_{\text{эз}}$ — активные сопротивления вторичного контура, сварочного трансформатора (приведенное ко вторичной обмотке) и свариваемых деталей; X_2 и X_{TK} — индуктивное сопротивление вторичного контура и сварочного трансформатора (приведенное ко вторичной обмотке).

Полное сопротивление сварочной цепи Z можно представить графически в виде треугольника сопротивлений. При коротком замыкании ($R_{\text{эз}} = 0$) значение тока во вторичном контуре $I_{2\text{К}}$ возрастает не более чем на 20—50%



риваемых деталей равно $r_{зз}$, то активная (полезная) мощность, развиваемая на участке цепи между электродами равна:

$$P_{зз} = r_{зз} \cdot I_{св}^2 = U_{зз} \cdot I_{св}, \quad (3.6)$$

где $U_{зз}$ — падение напряжения на электродах,

$$U_{зз} = r_{зз} I_{св}, \quad (3.7)$$

Коэффициент полезного действия машины (КПД)

$$\eta = P_{зз} / P_1, \quad (3.8)$$

где P_1 — активная мощность, потребляемая машиной из сети,

$$P_1 = (r_{зз} + r_{2к}) I_{св}^2, \quad (3.9)$$

При точечной и шовной сварке на однофазных машинах переменного тока часто $r_{зз} < Z_{2к}$, поэтому $\eta = 0,1-0,3$. При стыковой сварке оплавлением $r_{зз} > Z_{2к}$ и $\eta > 0,9$.

Полезная мощность меньше активной мощности, забираемой из сети, вследствие потерь во вторичном контуре, трансформаторе и в контакторах, особенно при сварке деталей из алюминиевых сплавов.

Полная кратковременная мощность машины, необходимая для выполнения сварочной операции

$$S = Z_2 I_{ca}^2, \quad (3.10)$$

а предельная (максимальная) при коротком замыкании электродов машины

$$S_{k\max} = Z_{2k} I_{2k\max}^2, \quad (3.11)$$

Коэффициент мощности определяется из соотношений

$$\cos \varphi = P_1 / S = (r_{33} + r_{2k}) / Z_2, \quad (3.12)$$

а при коротком замыкании электродов $\cos \varphi_k = r_{2k} / Z_2$, причем $\cos \varphi_k$ всегда меньше $\cos \varphi$ (см. рис. 3.11).

С увеличением сопротивления r_{2k} машины $\cos \varphi$ увеличивается, КПД η уменьшается.

Степень полезного использования мощности машины характеризуется коэффициентом

$$v = P_{33} / S = \eta \cos \varphi = r_{33} / Z_{2k} \quad (3.13)$$

При сварке деталей из сталей $v = 0,1-0,4$; при сварке деталей из алюминиевых сплавов $v = 0,025-0,08$.

С целью улучшения энергетических показателей ($\cos \varphi$, η , v) контактных машин стремятся снизить сопротивление короткого замыкания Z_{2k} машины, уменьшая частоту питающего вторичный контур напряжения и размеры вторичного контура.

Наглядное представление об изменении сварочного тока $I_{св}$ машины в зависимости от электрического сопротивления деталей $r_{эз}$ дает нагрузочная характеристика, т.е. $I_{св} = f(r_{эз})$. Нагрузочную характеристику рассчитывают по соотношению (3.5) для каждой ступени трансформатора. Значение $r_{эз}$ выбирают в диапазоне от нуля (ток короткого замыкания) до 200–300 мкОм и более.

$$I_{св} = U_{20} / Z_2 = U_{20} / \sqrt{(r_{эз} + r_{2k})^2 + x_{2k}^2}, \quad (3.5)$$

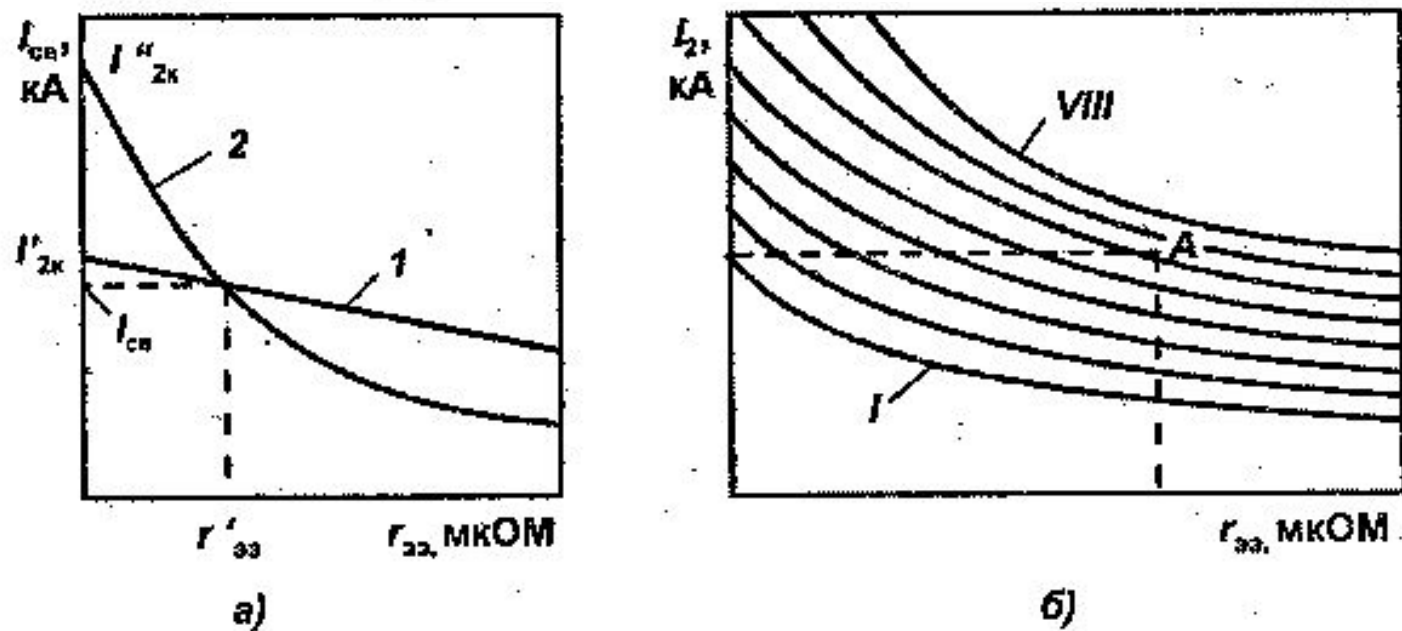


Рис. 3.12. Нагрузочные характеристики:

а) однофазной машины переменного тока (1) и машины с выпрямлением тока во вторичном контуре (2); б) машины с восьмью ступенями регулирования

Анализ формулы показывает, чем больше полное сопротивление машины Z_2 , тем наклон характеристики более пологий. Так, на рис. 3.12, а приведены нагрузочные характеристики машин двух типов: 1 — однофазной переменного тока и 2 — с выпрямлением тока во вторичной цепи (при $x_{2k} = 0$). Машина с выпрямлением тока 2 имеет крутопадающую характеристику, а машина однофазная переменного тока — пологопадающую. Наклон их имеет прямое отношение к процессам саморегулирования (изменению $I_{св}$, $P_{зз}$ и $U_{зз}$) при возмущениях $r_{зз}$, которые оказывают существенное влияние на качество сварки (при стыковой сварке во время оплавления, при точечной, рельефной и шовной от произвольных колебаний $d_{зз}$, $F_{св}$, шунтирования тока).

При сварке на машине 2 в случае изменения $r_{зз}$ значение $I_{св}$ отклонится от исходного в значительно большей степени, чем на машине 1, что в большей степени компенсирует снижение $P_{зз}$ и приведет к стабилизации процесса тепловыделения в зоне сварки.

В паспорте машины обычно приведены НХ для всех ступеней сварочного трансформатора, по которым можно определить пригодность машины и ступень регулирования вторичного напряжения трансформатора для сварки деталей данной толщины и марки материала. Так, например, зная $r_{зз}$ и необходимое значение $I_{св}$, по нагрузочной характеристике (рис. 3.12, б) находят точку А, определяющую необходимую ступень трансформатора.

Значение величины Z_k определяет также внешнюю характеристику машины — зависимость напряжения U_2 на электродах от тока во вторичном контуре I_{cb} . Внешние характеристики машины для контактной сварки можно построить для каждой ступени трансформатора непосредственным измерением вторичного напряжения и тока при различном сопротивлении свариваемых деталей (опытным путем).

Зависимость $U_2 = f(I_{cb})$ может быть выражена из соотношения (3.5):

$$U_2 = \sqrt{U_{20}^2 - x_{2k}^2 I_{cb}^2} - r_{2k} I_{cb}. \quad (3.14)$$

При холостом ходе ($r_{20} = \infty$) $I_{cb} = 0$ и $U_2 = U_{20}$, а при коротком замыкании ($r_{20} = 0$) $I_{2k} = U_{20}/Z_{2k}$ и $U_2 = 0$. Промежуточные точки находят при значениях токов, меньших I_{2k} .

Наклон внешних характеристик зависит от сопротивления Z_{2k} . При заданном U_{20} чем меньше Z_{2k} машины, тем больше I_{2k} , а внешняя характеристика более пологая. Машины с пологопадающей нагрузочной характеристикой имеют крутопадающую внешнюю характеристику, и наоборот.

На рис. 3.13, а представлены внешние характеристики 1 и 2 соответственно машин 1 и 2, а также приведена прямая линия $r_{\text{св}} I_{\text{св}} = U_{\text{св}}$, представляющая собой падение напряжения на свариваемых деталях. Точка пересечения этой прямой с внешними характеристиками машин определяет сварочный ток для данных характеристик машин и падение напряжения на электродах. При сварке деталей с сопротивлением $r_{\text{св}}$ на выбранных ступенях трансформатора ток будет один и тот же.

По внешним характеристикам, как и по нагрузочным, выбирают необходимую ступень трансформатора для сварки конкретных деталей. Так, если к внешним характеристикам (рис. 3.13, б) провести две линии OA и OB , представляющие собой напря-

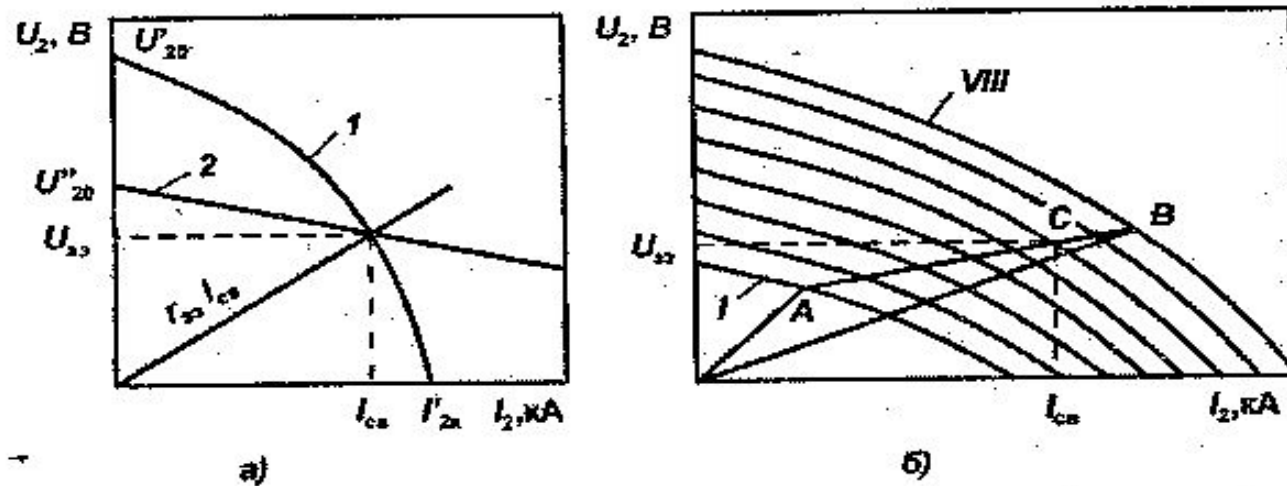


Рис. 3.13. Внешние характеристики:

а) однофазной машины переменного тока (1) и машины с выпрямлением тока во вторичном контуре (2); б) машины с восемью ступенями регулирования

Трансформатор машин контактной сварки, как и любой трансформатор, состоит из трех основных узлов: сердечника (магнитопровода), первичной и вторичной обмоток. Трансформаторы работают в режиме кратковременных повторяющихся нагрузок с большими токами, поэтому их обмотки испытывают значительные динамические нагрузки. Необходимым требованиям высокой механической прочности лучше всего удовлетворяет трансформатор с сердечником броневого типа и чередующимися первичной и вторичной дисковыми обмотками.

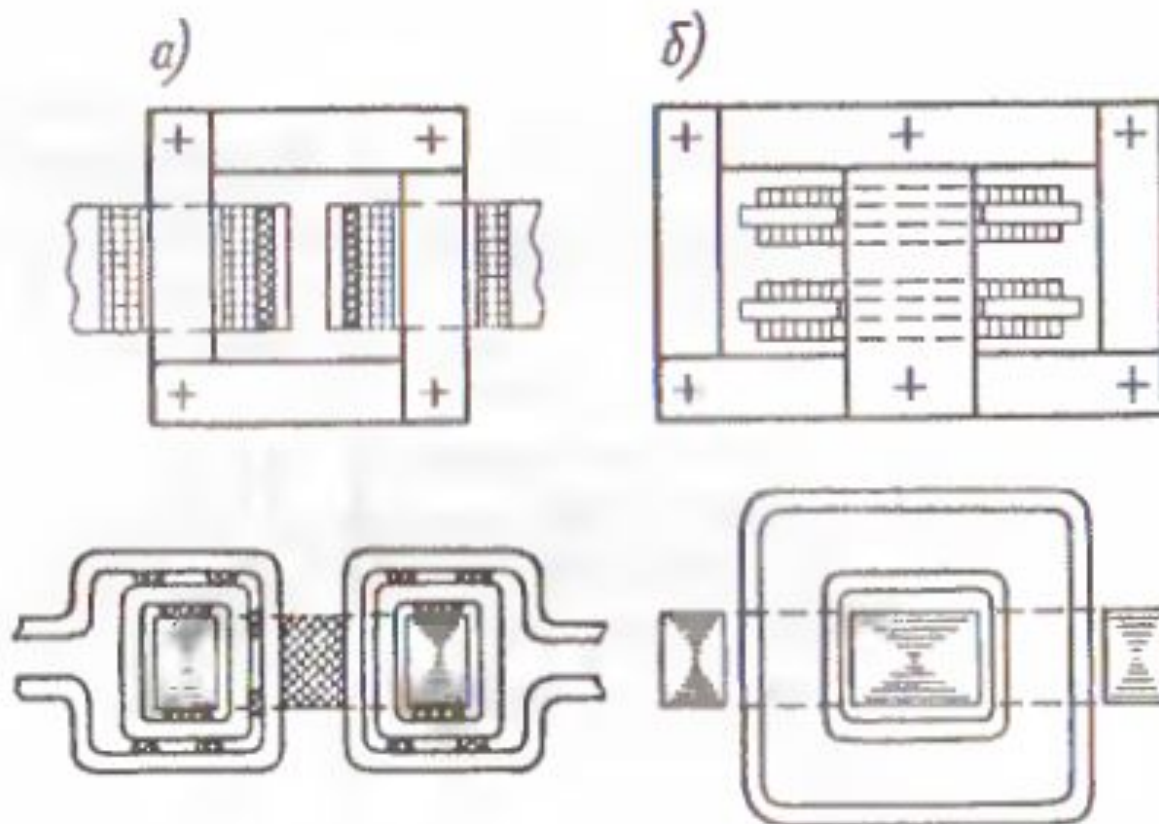
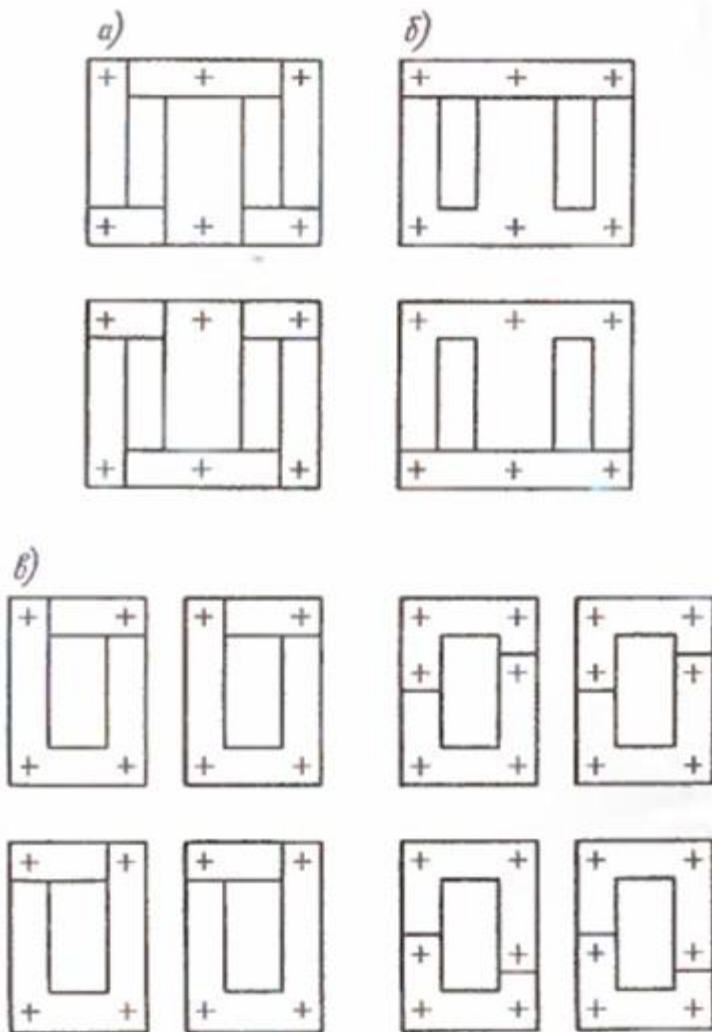


Рис. 2.1. Типы магнитопроводов трансформаторов для контактных машин: *а* — стержневой с цилиндрическими обмотками; *б* — броневого с дисковыми обмотками

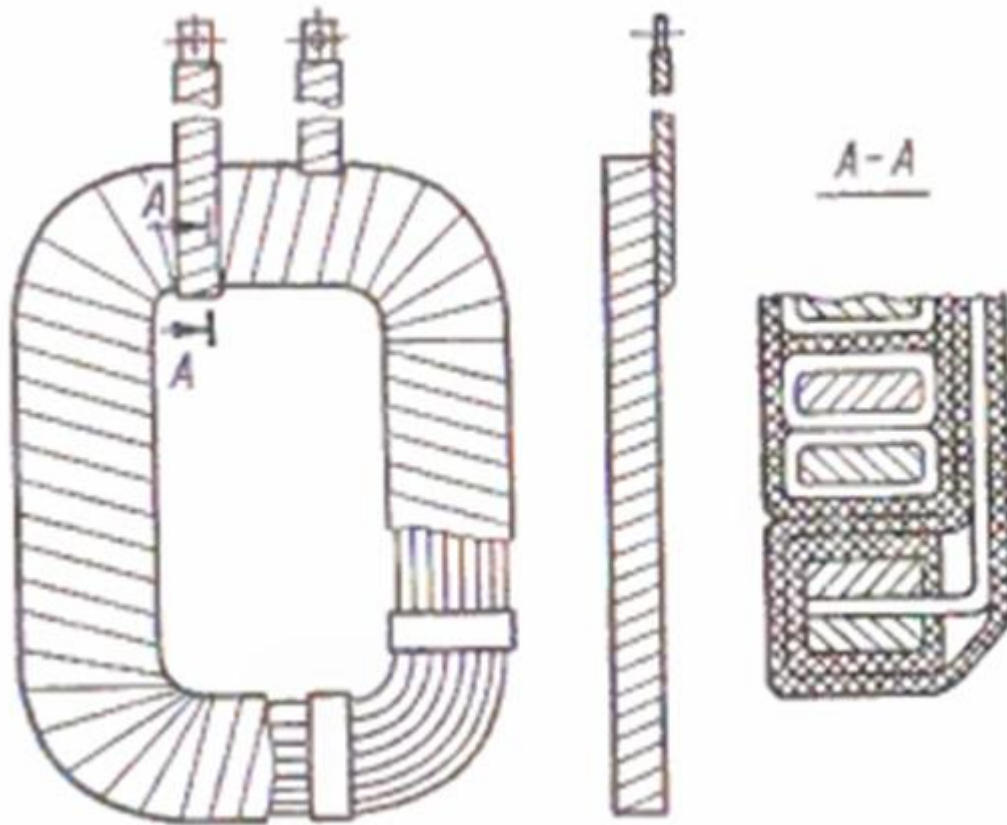
Сердечник собирают из пластин специальной электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Сборку сердечника выполняют внахлестку из отдельных штампованных из листа пластин П- или Ш-образной формы. Собранный сердечник зажимают между двумя сварными или литыми рамами и стягивают изолированными шпильками.



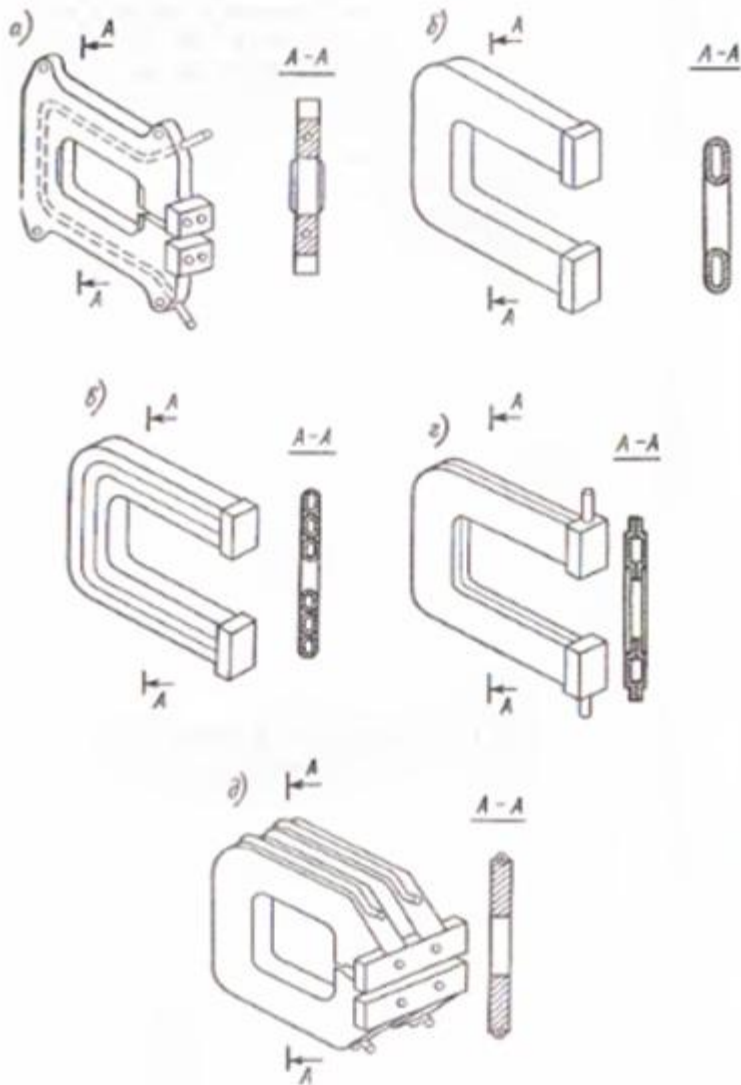
Шихтованные магнитопроводы: а – из прямоугольных пластин;
б – из Ш-образных пластин; в – из П-образных пластин.

Рама служит также для закрепления обмоток и установки трансформатора в машине.

Первичная обмотка трансформатора, состоящая из отдельных дисков (катушек), выполнена из изолированного обмоточного медного провода прямоугольного сечения. Каждая катушка имеет выводы, которые присоединены к обмотке пайкой или сваркой. После намотки катушки изолируют, пропитывают лаком и сушат.



Дисковая катушка первичной обмотки



Конструкции дисков вторичного витка: а – литой с залитыми внутрь трубками для охлаждения; б – из сплюсненной трубки; в – сварной из трубок; г – сварной коробчатого сечения; д – из медного проката.

Вторичная обмотка имеет один виток и выполнена из двух дисков, вырезанных из листовой меди. Диски соединены между собой параллельно посредством колодок, служащих для присоединения шин вторичного контура. Диски вторичной обмотки охлаждаются водой, проходящей по медным трубкам, напаянным по наружному контуру каждого диска и по каналам в каждой колодке. Катушки первичной и диски вторичной обмоток расположены поочередно на среднем стержне сердечника и плотно прижаты одна к другой болтами и прижимными планками. В собранном трансформаторе первичная и вторичная обмотки надежно изолированы от сердечника и между собой. В качестве изоляции применяют прокладки из листового гетинакса, текстолита или других изоляционных материалов.

Для регулирования силы сварочного тока изменяют напряжение вторичной обмотки трансформатора путем включения в питающую сеть различного числа витков секций первичной обмотки. При этом изменяется коэффициент трансформации — отношение чисел витков первичной и вторичной обмоток. При увеличении числа витков первичной обмотки (повышении коэффициента трансформации) напряжение вторичной обмотки, а следовательно, и сварочный ток уменьшаются, при уменьшении числа витков — увеличиваются.

Выводы от секции (катушек) подключают к специальному переключателю ступеней вторичного напряжения трансформатора. Переключатель позволяет получать различные комбинации соединений секций для включения в сеть необходимого числа витков первичной обмотки.

В зависимости от пределов регулирования вторичного напряжения (и сварочного тока) и мощности трансформаторов применяют различные схемы переключения витков первичной обмотки, используя переключатели разных типов: пакетные, кулачковые, ножевые (штепсельные) и барабанные.

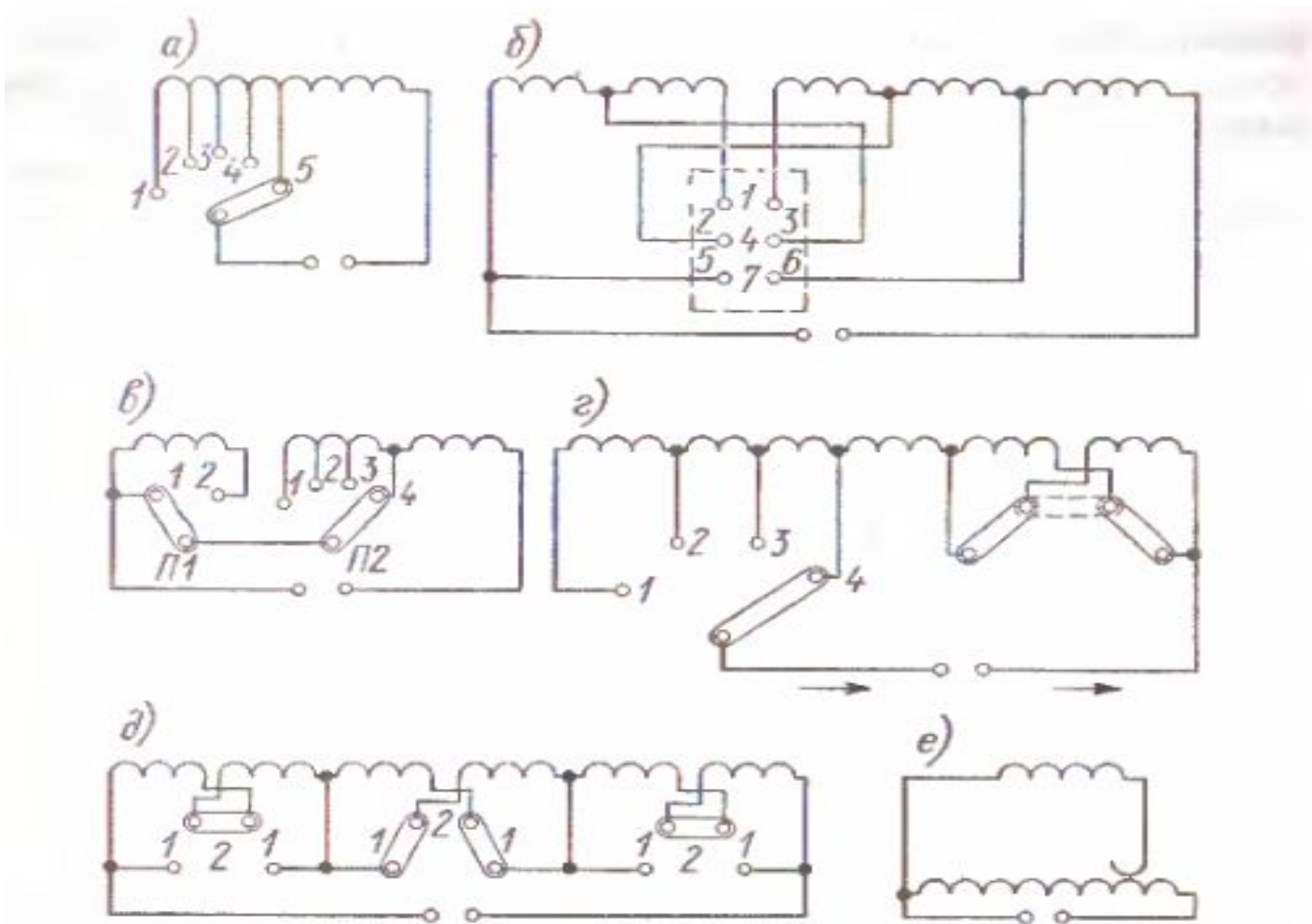


Рис. 2.7. Схемы секционирования первичной обмотки

Простейшая схема (рис. 2.7, а) позволяет осуществлять регулирование вторичного напряжения с любым числом ступеней через любые интервалы; однако в связи с тем, что напряжение между крайними точками не должно превышать 1000 В, допустимые пределы регулирования вторичного напряжения ограничены. Для сети 380 В это ограничение составляет 2,5.

Схема на рис. 2.7, б позволяет расширить пределы регулирования вторичного напряжения (при соблюдении требований ГОСТ 297—80). Ей присущи те же недостатки, что и предыдущей. Схема применяется в трансформаторах небольшой мощности (до 10 кВ-А). Схема на рис. 2.7, в позволяет осуществить регулирование в машинах средней мощности. Регулирование производится с помощью двух переключателей как по арифметической, так и по геометрической прогрессии в пределах каждого диапазона .

Схема на рис. 2.7, г более совершенна, так как при переключении с диапазона на диапазон витки в секции не отключаются, а переключаются с последовательного соединения на параллельное. Число витков уменьшается, а ток в каждой ветви равен половинному току в обмотке, что позволяет снижать сечение провода в этих секциях. Секции должны быть одинаково намотаны и симметрично расположены относительно вторичной обмотки для обеспечения равенства токов при параллельном включении секций.

Схема на рис.2.7, д наиболее совершенная, так как позволяет выполнить симметричное расположение первичной и вторичной обмоток. При этом на всех ступенях работают все витки, включенные последовательно или параллельно.

Для расширения пределов регулирования по указанной схеме в нее вводятся дополнительные витки, отключаемые на высших ступенях — для увеличения предела регулирования, неотключаемые — для его уменьшения. Используются также другие модификации указанной схемы.

В некоторых машинах регулирование вторичного напряжения осуществляется путем изменения подводимого к первичной обмотке напряжения с помощью автотрансформатора, входящего в комплект сварочной машины (рис. 2.7, е).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?