

## МДК 01.02. Основное оборудование для производства сварных конструкций

*Ознакомиться с лекцией, выписать принцип действия и устройство выпрямителя, предоставить конспект лекции на почту [merlin60@yandex.ru](mailto:merlin60@yandex.ru).*

### **Тема: Сварочные выпрямители**

Сварочные выпрямители являются устройствами для преобразования напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока для получения сварочной дуги.

Сварка на постоянном токе имеет преимущества по сравнению со сваркой на переменном токе повышается стабильность горения дуги из-за отсутствия нулевых значений сварочного тока, увеличивается глубина проплавления свариваемого металла, снижается разбрызгивание металла, повышается прочность металла шва и снижается количество дефектов шва. Поэтому сварку ответственных соединений лучше выполнять на постоянном токе.

Некоторые металлы свариваются на постоянном токе, например, высоколегированные и теплоустойчивые стали, чугуны, титан, сплавы на основе меди и никеля.

Элементами сварочного выпрямителя являются силовой трансформатор, выпрямительный блок на полупроводниковых приборах, устройства пуска, регулирования, защиты, измерения, охлаждения.

В сварочных выпрямителях желателен применение трехфазного тока, при котором меньше пульсации выпрямленного напряжения.

Силовые трансформаторы для питания выпрямительного блока по принципу действия и устройству сходны с трансформаторами для сварки на переменном токе. Для выпрямления тока используются неуправляемые полупроводниковые вентили-диоды или управляемые полупроводниковые вентили-тиристоры.

Важными элементами сварочного выпрямителя являются радиаторы охлаждения вентилей, вентилятор, включающийся перед пуском выпрямителя, элементы защиты от токовых перегрузок и перегрева.

Регулирование сварочного тока в выпрямителях осуществляется электромеханическим или электрическим методами. При электромеханическом регулировании изменение тока происходит до выпрямительного блока, и на выпрямляющие вентили поступает переменный ток, имеющий заданные параметры. При этом применяются трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием или с управляемым магнитным шунтом.

Одним из способов электромеханического регулирования тока сварки является применение выпрямителей с трансформаторами, имеющими секционированные обмотки высшего напряжения которые могут включаться последовательно переключателем. При этом происходит ступенчатое изменение тока во вторичной цепи силового трансформатора. Такие выпрямители просты в изготовлении и

надежны в эксплуатации, их применение целесообразно для полуавтоматической сварки в среде защитных газов, так как они имеют жесткую внешнюю характеристику.

Ступенчатое изменение силы сварочного тока может производиться с применением вольтодобавочных трансформаторов, обмотки которых включаются согласно или встречно со вторичными обмоткам силового трансформатора. Плавное изменение тока в пределах каждой ступени производится изменением напряжения в первичной обмотке вольтодобавочного трансформатора.

Электрические схемы регулирования сварочного тока в сварочных выпрямителях применяются в выпрямительных блоках или после них.

Распространенной схемой регулирования сварочного тока является схема с применением тиристоров. При этом регулирование сварочного тока производится изменением времени открытия тиристоров в течение полупериода напряжения, получаемого от трансформатора. Это время открытия тиристоров изменяется системой импульсно-фазового управления (СИФУ) и называется углом регулирования. Получается плавная регулировка тока сварки, которую можно осуществлять и дистанционно, и получается дуга с высокой стабильностью работы.

На рис. 7 приведена электрическая схема, показывающая принцип действия сварочного трехфазного выпрямителя, которая является упрощенной. На схеме показаны только сварочный трансформатор и блок полупроводниковых диодов со сварочной дугой.

Рис. 7. Упрощенная принципиальная схема сварочного выпрямителя Т— трансформатор понижающий; VD1-VD6 — блок выпрямительных вентилей;  $I_v$  — ток вентиля;  $I_d$  — выпрямленный ток

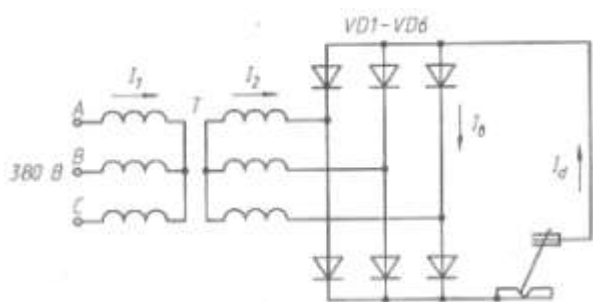
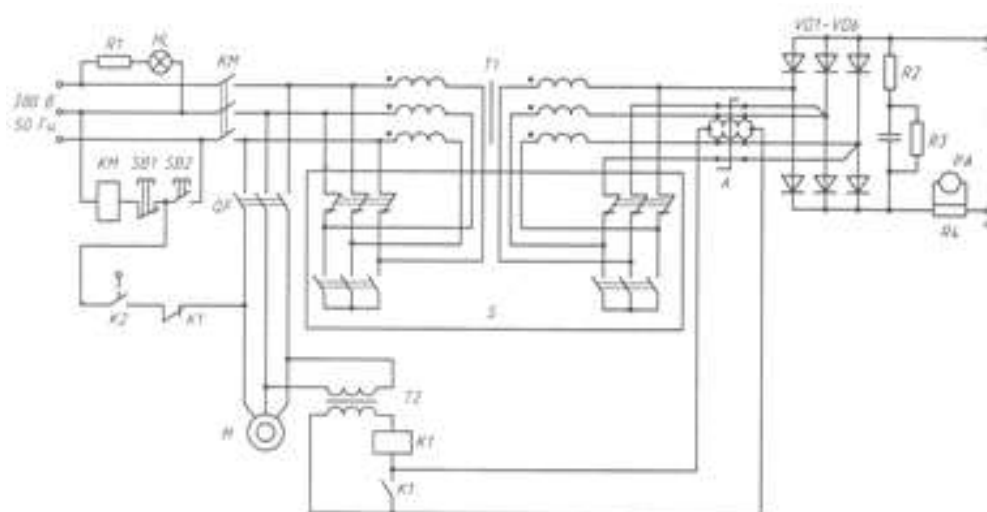


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема сварочного выпрямителя КМ - магнитный пускатель включения выпрямителя; Т1 - трансформатор понижающий; Т2 - трансформатор в цепи управления; А - магнитный усилитель; К1 - реле защиты от аварийных режимов; К2 - реле контроля работы вентилятора; М - электродвигатель; S - переключатель обмоток трансформатора на схеме звезда - звезда или треугольник - треугольник



На рис. 8 приведена принципиальная

электрическая схема сварочного выпрямителя ВД-306. Силовой трансформатор Т1

включается магнитным пускателем КМ. От трансформатора получает питание блок выпрямительных вентилях VD1-VD6. Также получает питание двигатель вентилятора через автоматический выключатель QF и системы защиты.

Переключение диапазонов изменения сварочного тока осуществляется переключением первичных и вторичных обмоток трансформатора Т1 в «треугольник—треугольник» (диапазон больших токов) или в «звезду—звезду» (диапазон малых токов). Такое переключение диапазонов обеспечивает изменение величины сварочного тока в три раза без дополнительного расхода активных материалов.

Плавное регулирование тока внутри диапазона производится за счет изменения расстояния между катушками первичного и вторичного напряжений трансформатора Т1. Выпрямительный блок состоит из шести кремниевых вентилях VD1-VD6, соединенных по трехфазной мостовой схеме выпрямления.

Вентиляция выпрямителя — воздушная принудительная, работа которой контролируется ветровым реле К2. При отсутствии вентиляции контакт К2 ветрового реле размыкается и пускатель КМ отключает выпрямитель от сети, так как контакт реле К2 включен в цепь управления магнитного пускателя КМ.

Выпрямитель имеет также защиту, отключающую его от сети при выходе из строя одного из вентилях выпрямительного блока или при пробое на корпус вторичной обмотки трансформатора. Защита состоит из магнитного усилителя А, трансформатора Т2 и реле К1. В нормальном состоянии переменный ток, текущий по фазным проводам, проходящим через окно магнитопровода магнитного усилителя, не насыщает магнитопровод, и все напряжение падает на обмотках усилителя. При аварийных режимах в фазных проводах появляется постоянная составляющая токов, магнитопровод магнитного усилителя насыщается, в цепи реле К1 появляется ток и оно срабатывает, размыкая цепь управления магнитного пускателя КМ, который отключает выпрямитель от сети.

## МДК 01.02. Основное оборудование для производства сварных конструкций

Ознакомиться с лекцией, предоставить ее конспект на почту  
[merlin60@yandex.ru](mailto:merlin60@yandex.ru).

### Тема: *Сварочные преобразователи и агрегаты*

В сварочных трансформаторах и сварочных выпрямителях преобразование тока происходит за счет электрических и электромагнитных процессов при отсутствии вращающихся деталей и узлов (за исключением элементов механических систем регулировки тока), поэтому такие источники питания называются статическими.

Однако раньше статических источников питания были разработаны электромашинные источники питания, называемые **сварочными генераторами**. Сварочный генератор преобразует механическую энергию вращения якоря в электрическую энергию постоянного тока, необходимую для сварки. Отличительной особенностью сварочных генераторов является наличие в них вращающегося якоря, приводимого в движение внешним приводом, например двигателем внутреннего сгорания.

**Принцип действия** сварочного генератора аналогичен работе любого генератора постоянного тока. Различают коллекторные и вентильные генераторы. Коллекторные генераторы бывают:

- с независимым возбуждением и последовательной размагничивающей обмоткой;
- с самовозбуждением и последовательной размагничивающей обмоткой;
- универсальными с независимым возбуждением;
- с расщепленными полюсами.

Вентильные бывают только с индукторным генератором переменного тока и трехфазной мостовой схемой выпрямления. Генераторы с независимым возбуждением требуют дополнительно отдельного источника питания.

Сварочные установки на основе генераторов с приводом от электродвигателя называются *сварочными преобразователями*, с приводом от двигателя внутреннего сгорания (бензинового или дизельного) — *сварочными агрегатами*. Сварочные агрегаты применяют в основном при ручной сварке в полевых условиях, на монтаже и ремонте, где отсутствует электрическая сеть питания.

За счет взаимодействия магнитных потоков в якоре и статоре генератора происходит формирование сварочного тока. Генераторы имеют широкий спектр внешних характеристик. Наибольшее распространение получили сварочные генераторы, обладающие падающими внешними характеристиками.

Внешняя характеристика генераторов формируется за счет подключения размагничивающих последовательных обмоток возбуждения. При их включении внешняя характеристика будет крутопадающей, при отключении —

пологопадающей. Для питания намагничивающих обмоток возбуждения требуется автономный источник постоянного тока, поэтому такой тип генератора обычно применяют в тех случаях, когда в качестве привода используется электродвигатель переменного тока,

В генераторах с самовозбуждением для получения постоянного напряжения на коллекторе устанавливают промежуточную щетку, расположенную между двумя основными. За счет постоянного сдвига фаз между промежуточной и основными щетками напряжение между промежуточной щеткой и опережающей ее основной щеткой будет постоянным; оно используется для питания намагничивающих обмоток возбуждения. Такие генераторы обычно применяются в мобильных сварочных агрегатах с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

В сварочных генераторах с независимым возбуждением обмотка возбуждения 2, питающаяся от сети переменного тока через полупроводниковый выпрямитель, создает магнитный поток  $\Phi_{\text{в}}$ , (рис. 1.21, а), индуцирующий на щетках генератора напряжение, необходимое для возбуждения дуги. На холостом ходу, когда сила тока равна нулю, размагничивающая обмотка 4 не действует. С увеличением сварочного тока магнитный поток  $\Phi_{\text{р}}$ , направленный навстречу намагничивающему потоку  $\Phi_{\text{в}}$ , возрастает, а результирующий магнитный поток уменьшается. Как следствие, уменьшается индуцируемая ЭДС генератора. Таким образом, размагничивающее действие обмотки 4 обеспечивает получение падающей внешней характеристики генератора. Регулирование сварочного тока производится переключением числа витков размагничивающей обмотки (малый ток — большой ток) и реостатом.

Генератор с самовозбуждением обычно имеет статор с четырьмя основными полюсами и цилиндрический якорь с коллектором и четырьмя основными и одной дополнительной щеткой. На рисунке 1.21, б показана упрощенная двухполюсная конструкция генератора. Кроме основных щеток *а* и *б*, установленных на геометрической нейтрали, генератор имеет еще и дополнительную щетку *с*, используемую для питания намагничивающей параллельной обмотки 2.

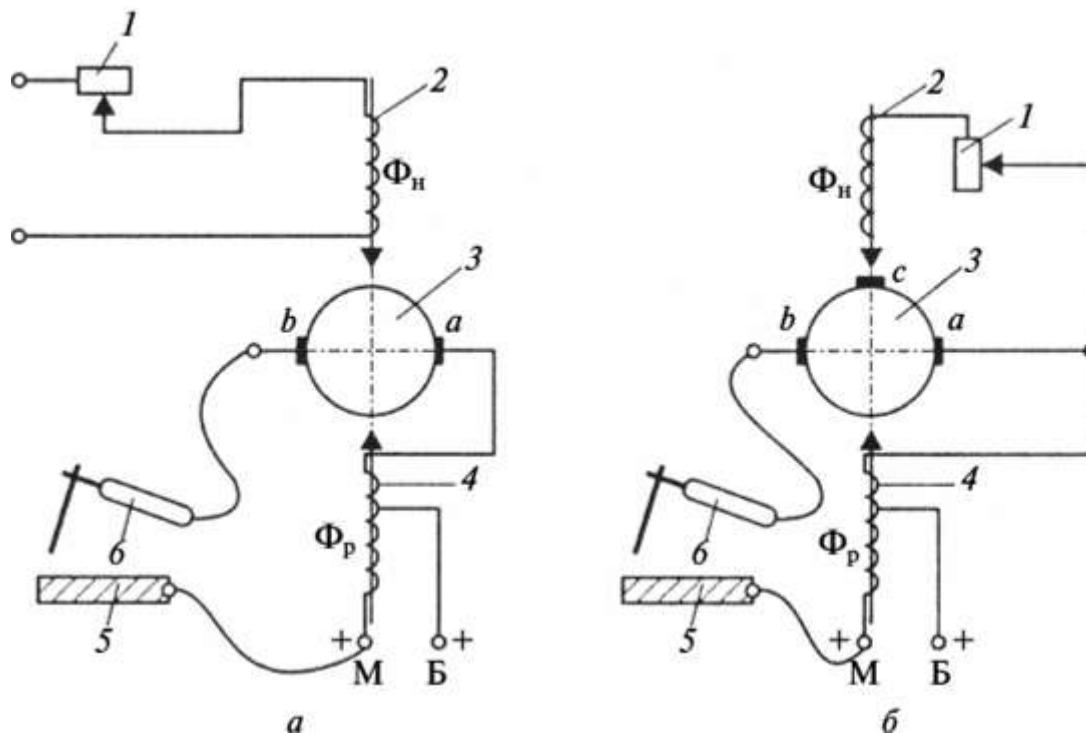


Рис. 1.21. Схема генератора с независимым возбуждением (а) и последовательной размагничивающей обмоткой (б):

1 — реостат; 2 — намагничивающая обмотка; 3 — якорь генератора; 4 — размагничивающая обмотка; 5 — свариваемая заготовка; 6 — электрододержатель; Б — большой ток; М — малый ток; а, б, с — щетки генератора

Генератор сконструирован таким образом, что напряжение на щетках а — с почти не меняется с изменением нагрузки, поэтому и ток намагничивающей обмотки практически не зависит от тока нагрузки. При вращении генератора за счет остаточного намагничивания ротора появляется остаточная ЭДС, вызывающая в параллельной намагничивающей обмотке появление тока, который подмагничивает генератор. Магнитный поток генератора нарастает, и ЭДС увеличивается. Вследствие этого возрастает намагничивающий ток, что вызывает новое увеличение магнитного потока. Этот процесс самовозбуждения идет до тех пор, пока ЭДС не становится равной падению напряжения в параллельной намагничивающей обмотке.

В остальном принцип работы генератора с самовозбуждением ничем не отличается от принципа работы генератора с независимым возбуждением.

Коллекторные сварочные генераторы просты в изготовлении и дешевы в эксплуатации, однако вредные условия действующего производства (высокая влажность, масляные пары, пыль с наличием абразивных частиц) приводят к быстрому выходу из строя пары трения

«щетки-коллектор», поэтому более совершенной является схема вентильного генератора.

Вентильным генератором принято называть комбинацию генератора переменного тока и выпрямительного блока. Переменный ток обычно вырабатывается синхронным генератором с ротором явнополюсной конструкции или индукторным генератором. Наибольшее распространение получили индукторные генераторы.

В индукторных генераторах обмотка статора обычно является трехфазной и размещена на статоре с постоянным сдвигом фаз; кроме этого обмотка возбуждения также закреплена на корпусе статора. Индукторный генератор (рис. 1.22, *а*) имеет зубчатый ротор-индуктор 4, а обмотка возбуждения 3, питаемая постоянным током, размещена на статоре 2. Обмотка возбуждения создает постоянную намагничивающую силу, но поток возбуждения  $\Phi$ , пронизывающий силовую обмотку 1, имеет пульсирующий характер, поскольку магнитное сопротивление на его пути меняется при вращении ротора. Поток максимален при совпадении оси силовой обмотки с зубцом ротора и минимален при совпадении со впадиной ротора. Поэтому в силовой обмотке создается переменное напряжение. На рисунке 1.22, *а* полюса выше горизонтали являются южными, а ниже — северными, поэтому такой генератор называют разноимённо-полюсным.

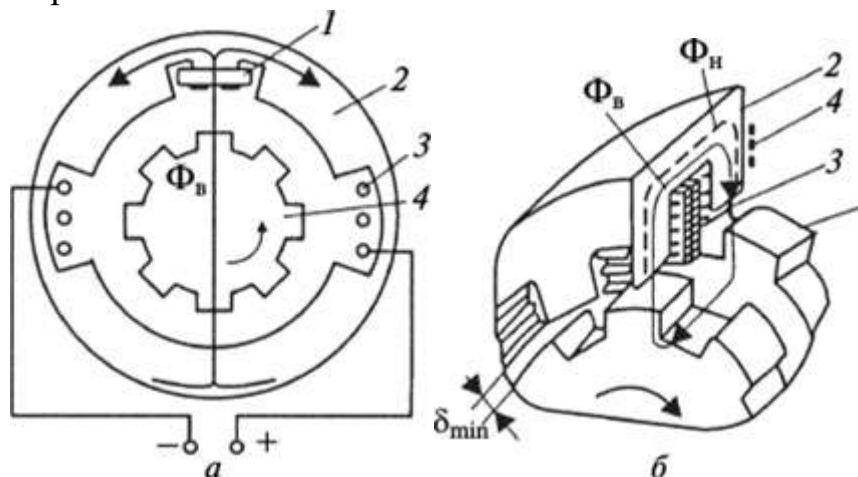


Рис. 1.22. Конструкция разноимённо-полюсного (*а*) и одноимённо-полюсного (*б*) индукторного генератора: 1 — силовая обмотка; 2 — статор; 3 — обмотка возбуждения; 4 — зубчатый ротор-индуктор

На рисунке 1.22, *б* приведена конструкция одноимённо-полюсного генератора, у которого зубчатый статор 2 состоит из двух пакетов листовой электротехнической стали, а зубчатый ротор-индуктор 4 также состоит из двух пакетов, но сдвинутых друг относительно друга на 180

электрических градусов (на один зубец). На зубцах статора расположены катушки, которые могут соединяться друг с другом как последовательно, так и параллельно.

Между двумя пакетами статора закреплена кольцевая обмотка возбуждения 3, питаемая постоянным током. Силовая обмотка 1 уложена в пазах статора. Поток возбуждения  $\Phi$  идет по оси ротора, а затем звездообразно разветвляется, проходит через зубчатый пакет ротора, далее по зубцам статора и замыкается по корпусу генератора. На рисунке 1.22, *б* все полюса ближнего пакета статора являются южными, а дальнего пакета — северными. Такую конструкцию, в отличие от приведенной на рис. 1.22, *а*, принято называть одноимённо-полюсной.

Индукторные генераторы имеют естественную крутопадающую характеристику, обусловленную действием потоков рассеяния и потока реакции якоря, обладающего размагничивающим действием.

На рисунке 1.23 приведена схема вентильного сварочного генератора с самовозбуждением, который состоит из индукторного пульсационного генератора повышенной частоты и выпрямительного устройства, собранного на неуправляемых вентилях  $V1—V6$  по трехфазной мостовой схеме.

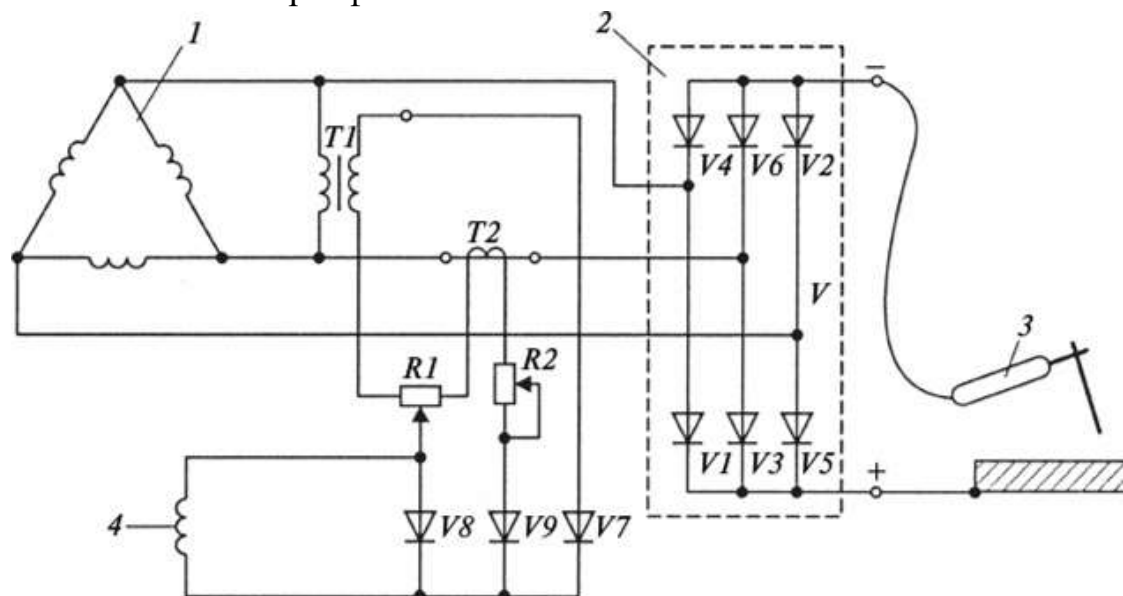


Рис. 1.23. Электрическая схема вентильного генератора с самовозбуждением: 1— обмотка статора; 2 — выпрямительный блок; 3 — электрододержатель; 4 — обмотка возбуждения

При пуске, когда генератор не нагружен, а его вал начал вращаться, на зажимах обмотки статора за счет остаточного намагничивания появляется небольшое напряжение. Трансформатор  $T1$  повышает это напряжение, и после выпрямления оно подается на зажимы обмотки возбуждения. Процесс самовозбуждения происходит до достижения напряжения холостого хода, которое регулируется резистором  $R1$ . Ток нагрузки с помощью трансформатора  $T2$  дополнительно питает обмотку возбуждения. Регулирование сварочного тока осуществляется резистором  $R2$ .

Регулирование сварочных режимов вентильных генераторов осуществляется на стадии переменного тока: плавно — изменением тока обмотки возбуждения, ступенчато — изменением соединения силовых обмоток (звезда, треугольник, параллельно).

Вентильные генераторы надежнее в работе, чем коллекторные, но более требовательны к температурным перепадам, условиям охлаждения полупроводниковых вентилей и точности выдерживания частоты вращения привода.

В качестве примера - автономный сварочно-технологический комплекс АСТК-8, который предназначен для проведения сварочных, наплавочных и ремонтно-восстановительных работ в условиях отсутствия стационарных электрических сетей, а также в различных чрезвычайных ситуациях. Он может быть рекомендован для ремонтных и сантехнических служб городского хозяйства, ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах и т.д. при использовании ручной электродуговой и механизированной полуавтоматической сварки, резки и наплавки.



## МДК.01.02. Основное оборудование для производства сварных конструкций

*Изучить тему и предоставить конспект написанной лекции  
(выслать на почту [merlin60@yandex.ru](mailto:merlin60@yandex.ru)).*

### **Тема: Общие сведения об источниках питания дуги**

К источникам питания сварочной дуги предъявляются технические требования, связанные со статической характеристикой дуги, процессом плавления и переноса металла при сварке. Эти источники значительно отличаются от электрических аппаратов, применяемых для питания током силовых и осветительных установок, и имеют следующие отличительные особенности:

- сварочные аппараты должны быть оборудованы устройством для регулирования силы сварочного тока, максимальное значение которого ограничивается определенной величиной;
- ток кратковременного короткого замыкания, возникающий в момент касания электродом изделия и при переносе расплавленного металла на изделие, должен быть определенной величины, безопасной для перегрева аппарата и пережога обмоток и достаточной для быстрого разогрева конца электрода, ионизации дугового пространства и возникновения дуги;
- напряжение холостого хода должно обеспечивать быстрое зажигание дуги, но не создавать опасности поражения сварщика электрическим током при соблюдении работающим правил безопасности; обычно оно в 1,8—2,5 раза больше рабочего напряжения дуги и находится в пределах 60—80 В. В правилах устройства электроустановок указаны предельные величины напряжения холостого хода аппаратов ручной дуговой сварки — постоянного тока 100 В (средняя величина), переменного 80 В;
- в процессе ручной сварки в зависимости от применяемой марки электродов и мастерства сварщика длина дуги может меняться в пределах 3—5 мм и соответственно будет меняться напряжение дуги, однако при этом лишь незначительно может меняться установленная сила тока, обеспечивающая требуемый тепловой режим сварки.

Все указанные требования учитываются внешней вольтамперной характеристикой источника питания, которой называется зависимость между величиной сварочного тока и напряжения на выходных клеммах сварочного аппарата. Различают несколько типов внешних характеристик (рис. 3.7); крутопадающую I, пологопадающую II, жесткую III и возрастающую IV. Для ручной дуговой сварки используют источники питания с крутопадающей характеристикой, которая наиболее отвечает требованиям данного процесса: при изменении длины дуги, неизбежном во время ручной сварки, незначительно

изменяется напряжение, а сила тока практически остается постоянной. Напряжение холостого хода достаточно высокое для зажигания дуги в начале работы. Источники с крутопадающей характеристикой используют также для сварки в защитном газе неплавящимся электродом и для сварки под флюсом. Источники с другими типами внешних характеристик используют для сварки под флюсом, сварки тонкой проволокой, электрошлаковой сварки и для многопостовых установок.

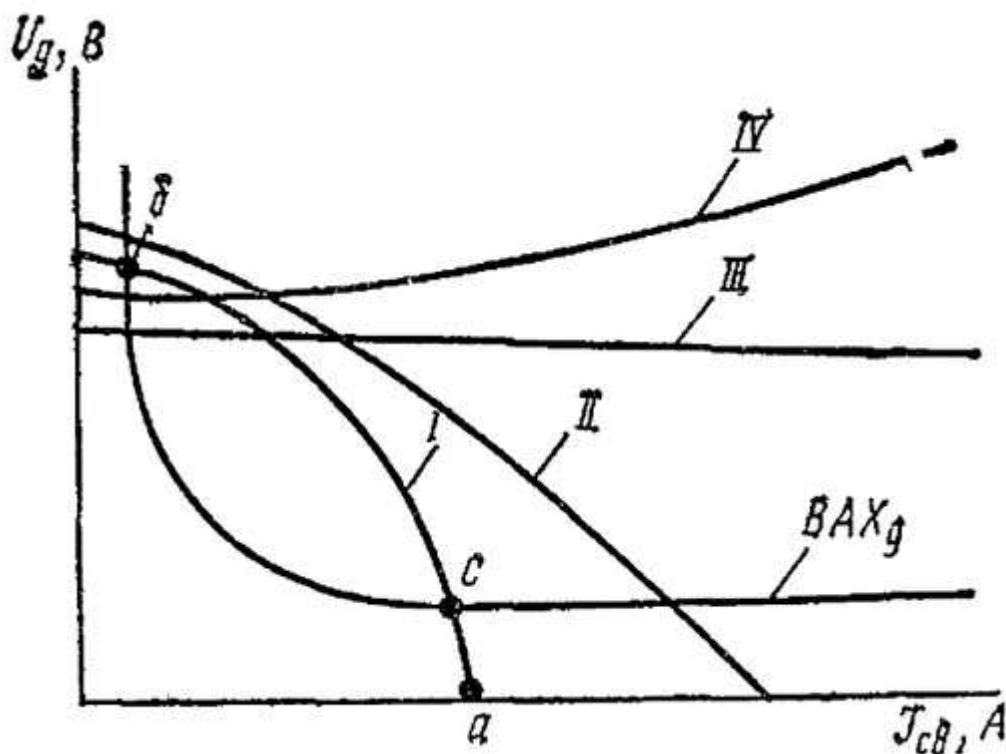


Рис. 3.7. Внешние вольтамперные характеристики источников питания I — крутопадающая, II — пологопадающая, III — жесткая, IV — возрастающая

Кроме указанных внешних характеристик источники питания дуги должны обладать хорошими динамическими свойствами — должны быстро реагировать на перерывы при копотком замыкании и восстанавливать горение дуги. Для сварочных генераторов Государственным стандартом установлен динамический показатель времени восстановления напряжения от нуля до рабочего (восстановления дуги) не более 0,3 с.

Источники питания для ручной дуговой сварки работают в режиме ПН (продолжительности нагрузки) или ПР (продолжительности работы), что равнозначно. При этих режимах установленная неизменная нагрузка (сварочный ток) чередуется с холостым ходом источника, когда в сварочной электрической цепи ток практически отсутствует. Продолжительность работы не должна быть настолько длительной, чтобы температура нагрева источника могла достигнуть значения, недопустимого для него. Этот режим определяется отношением времени сварки  $t_{св}$  к сумме времени сварки и времени холостого хода источника  $t_{х.х}$ :

$$ПН = ПР = 100t_{св} / (t_{св} + t_{х.х}).$$

Величина ПН источников для ручной дуговой сварки обычно равна 60%, продолжительность цикла  $(t_{св} + t_{х.х})$  источников переменного тока —

трансформаторов— 300 с (5 мин), источников постоянного тока 300 и 600 с (5 и 10 мин). За время  $t_{x,x}$  происходит охлаждение источника, нагретого во время  $t_{св}$ .

Если вместо холостого хода в перерывах происходит отключение источника питания (пауза), то такой режим называют повторно-кратковременным (ПВ). Он определяется также в процентах

$$ПВ = 100t_{св}/(t_{св} + t_{п}),$$

где  $t_{п}$  — время паузы, при котором отсутствуют потери энергии, имеющиеся при холостом ходе ( $t_{x,x}$ ).

Повторно-кратковременный режим используют при работе сварочными полуавтоматами. Постоянный рабочий режим (ПВ = 100 %) используют для установок автоматизированной сварки или для автоматов.

Сварочный ток, напряжение и мощность, при которых не происходит перегрев источника в максимальном расчетном режиме, называют номинальными.

При использовании многопостовых источников сварочного тока (выпрямителей, преобразователей) необходимо, чтобы они имели жесткую вольтамперную характеристику, а отдельные посты, снабженные балластными реостатами, обеспечивали бы крутопадающие внешние характеристики каждого поста и возможность регулирования реостатом силы сварочного тока. Сварочным постом называют специально оборудованное рабочее место для сварки. Однопостовой источник обслуживает один пост, многопостовой — несколько постов.

Важной характеристикой источников сварочного тока является коэффициент полезного действия  $\eta_1$  который равен отношению полезной мощности источника  $P$  к его полной потребляемой мощности  $P_{п}$ :

$$\eta_1 = P/P_{п}.$$

Полезная мощность источника постоянного тока определяется произведением номинального тока на номинальное напряжение

$$P = IU.$$

Потребляемая мощность  $P_{п}$  — мощность источника при номинальных  $I$ ,  $U$  и  $P$  с учетом потерь на трение и электрическое сопротивление источника, т. е. потерь в самом источнике.

## **МДК 01.02. Основное оборудование для производства сварных конструкций**

*Ознакомиться с лекцией, выписать принцип действия и устройство сварочных трансформаторов с различным регулированием сварочного тока, предоставить конспект лекции (выслать на почту [merlin60@yandex.ru](mailto:merlin60@yandex.ru)).*

### **Тема: Трансформаторы**

#### *Содержание*

- 1. Сварочные трансформаторы, принцип их действия*
- 2. Устройство однофазных сварочных трансформаторов для ручной сварки*
- 3. Трансформаторы для автоматизированной сварки под флюсом*

#### *Литература*

### **1. Сварочные трансформаторы, принцип их действия**

Силовые трансформаторы предназначены для питания током силовых и осветительных установок, они обычно трансформируют (преобразовывают) ток высокого напряжения, поступающий по линиям электропередачи, в ток более низкого рабочего напряжения (380—220 В). Это вторичное напряжение постоянно и не должно меняться от нагрузки. Режим короткого замыкания для них является аварийным, так как при этом растет ток до недопустимых пределов, происходят перегрев и выход из строя обмоток трансформатора.

В отличие от силовых сварочные трансформаторы работают в режиме меняющихся напряжений и тока и рассчитаны на кратковременные короткие замыкания сети.

Для сварки переменным током широко применяют однофазные трансформаторы, которые разделяют силовую и сварочную цепи и понижают высокое напряжение 380 или 220 В до величины не более 80 В. Внешняя вольтамперная характеристика вторичной цепи этих трансформаторов, т. е. зависимость между величиной сварочного тока и напряжением, должна обеспечивать ведение устойчивого сварочного процесса, учитывающего статическую характеристику сварочной дуги.

Наличие индуктивного сопротивления необходимой расчетной величины обеспечивает в трансформаторах стабилизацию дуги и ее восстановление при частом изменении полярности переменного тока.

Сварочные трансформаторы применяются для ручной дуговой сварки штучными электродами и в защитном газе, а также для сварки под флюсом. Внешние вольтамперные характеристики трансформаторов для ручной дуговой сварки подразделяются на крутопадающие и пологопадающие. Эти трансформаторы работают в режиме регулятора сварочного тока, который осуществляется путем изменения индуктивного сопротивления обмоток. Трансформаторы, предназначенные для питания автоматизированной сварки при постоянной, не зависящей от напряжения дуги скорости подачи электродной проволоки, имеют жесткую внешнюю характеристику.

## 2. Устройство однофазных сварочных трансформаторов для ручной сварки

К однофазным сварочным трансформаторам относится большая группа трансформаторов серии ТД. По своей электромагнитной схеме это трансформаторы с увеличенным (развитым) магнитным рассеиванием и подвижными обмотками (рис. 1).

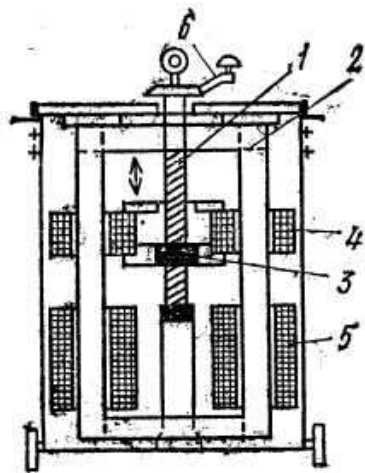
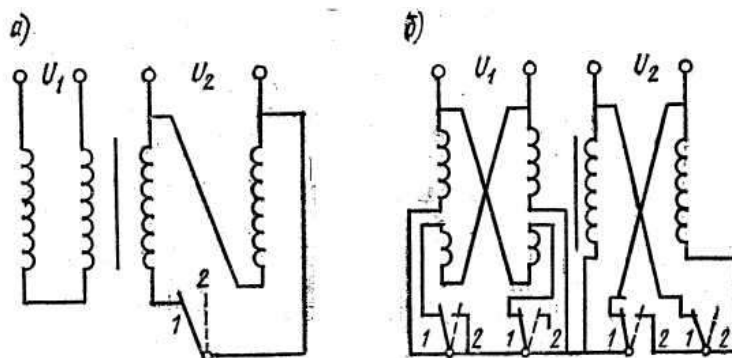


Рис.1. Сварочный трансформатор с развитым магнитным рассеиванием и подвижными обмотками (разрез) 1 — ходовой винт; 2 — магнитопровод; 3 — ходовая гайка; 4 и 5 — вторичная и первичная обмотки; 6 — рукоятка

Рис.2. Электрические схемы сварочных трансформаторов

а — ТД-102 и ТД-306; б — ТД-300 и ТД-500



Они снабжены механическими регуляторами тока в виде ходового винта, пропущенного через верхнее ярмо стержневого магнитопровода и ходовую гайку обоймы подвижной обмотки. Ходовой винт вращается вручную рукояткой 6, ввинчиваясь в гайку, передвигает обмотку. Стержневой магнитопровод состоит из набора листовой стали толщиной 0,5 мм высокой магнитной проницаемости. Дисковые первичная 5 и вторичная 4 обмотки расположены вдоль стержней. Увеличенное магнитное рассеяние достигается за счет взаимного расположения обмоток. Одна из обмоток подвижная, другая неподвижная. При перемещении обмоток изменяется магнитное поле рассеяния. При увеличении расстояния увеличивается индуктивное сопротивление рассеяния, и ток уменьшается, при уменьшении расстояние уменьшается индуктивное сопротивление, и ток растет. При этом вторичное напряжение холостого хода практически остается почти неизменным. При большом раздвижении обмоток для получения малых токов надо увеличивать длину и массу магнитопровода. Для расширения возможности регулирования тока без увеличения массы магнитопровода применяют плавно-ступенчатое регулирование. В переносных трансформаторах ТД-102 и ТД-306 с номинальными токами соответственно 160 и 250 А подвижной является первичная обмотка, а вторичная неподвижно закреплена у верхнего ярма магнитопровода (рис. 2, а). При больших токах катушки первичной обмотки включены последовательно, а вторичной обмотки — параллельно (положение 1); при переходе на малые токи одна катушка вторичной обмотки отключается (положение 2).

В передвижных сварочных трансформаторах ТД-300 и ТД-500 с номинальными токами соответственно 315 и 500 А подвижными являются вторичные катушки, а неподвижными — первичные, которые закреплены у нижнего ярма магнитопровода (рис. 2, б). Для работы на больших токах витки первичной, а также вторичной обмоток соединяются параллельно (положение 1); для перехода на малые токи витки обмоток соединяются последовательно (положение 2), при этом часть витков первичной обмотки отключается, что приводит к некоторому повышению напряжения холостого хода и, как следствие, улучшению стабильности дуги на малых токах.

Трансформаторы ТД-502 для токов до 500 А снабжены встроенными конденсаторами мощности, улучшающими коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ). Трансформаторы ТД-500-4 дополнительно снабжены устройством для снижения напряжения холостого хода с 80 до 12 В, что значительно уменьшает возможность поражения током сварщика при смене электродов.

Трансформаторы серии ТД в настоящее время заменяются трансформаторами серии ТДМ (рис. 3) более совершенной конструкции. В них применена холоднокатаная специальная сталь толщиной до 0,35 мм, обеспечивающая более высокие электромагнитные свойства сердечников. Кроме того, использованы новые, более эффективные изоляционные и обмоточные материалы, усовершенствованы

переключатели диапазонов сварочного тока и подключение проводов за счет переключателей ножевого типа и штыревых разъемов, улучшены внешний вид и эксплуатационные характеристики трансформаторов, в частности устранена вибрация, характерная для трансформаторов ТД и других, более ранних серий. Серия ТДМ включает базовые трансформаторы ТДМ-317, ТДМ-401 и ТДМ-503 на токи соответственно 315, 400. и 500 А, а также ряд их модификаций. Трансформаторы серии ТДМ по принципу регулирования, электрической схеме и конструктивному исполнению близки серий ТД.

Для ручной дуговой сварки также используют трансформаторы с развитым магнитным рассеянием и подвижным магнитным шунтом, которые имеют на стержневых магнитопроводах частично разнесенные вторичные обмотки. Как видно из рис. 4, а, на стержнях 1 расположены катушки первичной обмотки 2 и частично разнесенной обмотки 3 и 4. В окне между катушками и стержнями помещен магнитный шунт, который изготовлен из трансформаторной стали, и его можно перемещать. Регулируя передвижение шунта, можно изменить индуктивное сопротивление и величину сварочного тока. Для работы на больших токах катушки вторичной обмотки соединяются параллельно (рис. 4.б, положение  $X_1$ ), а для работы на малых токах основные катушки 3 соединяются последовательно, а катушка 4 отключается (положение  $X_2$ ). Плавное регулирование токов осуществляется передвижением шунта ручным приводом, но может быть механизировано. Трансформаторы этого типа марки СТШ имеют хорошие энергетические показатели, однако получили ограниченное распространение из-за большой трудоемкости изготовления по сравнению с трансформаторами серии ТД.

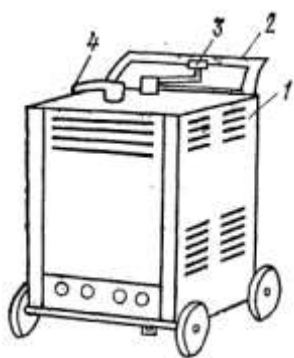


Рис. 3. Сварочный трансформатор ТДМ-317У2

1 — корпус; 2 — ручка для перемещения трансформатора; 3 — рукоятка для плавного регулирования сварочного тока; 4 — рукоятка для переключения диапазонов

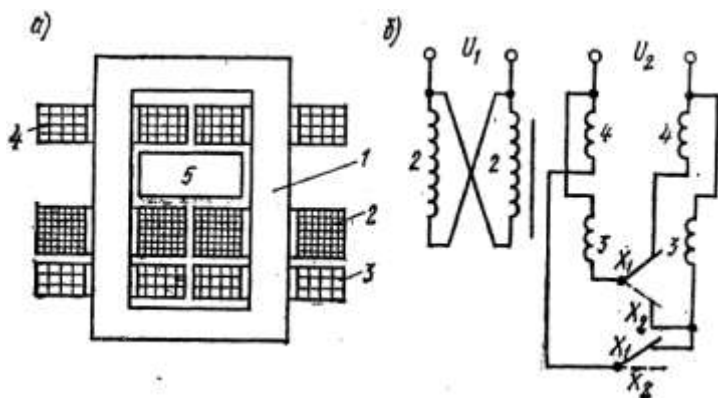


Рис. 4. Трансформатор с подвижным магнитным шунтом

*а* — схема конструкции; *б* — электрическая схема;  $U_1$  — первичное напряжение сети;  $U_2$  — вторичное напряжение холостого хода; 1 — стержни; 2—4 — обмотки; 5 — магнитный шунт

Сварочные трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дросселями, имеющими воздушный зазор СТЭ-24 и СТЭ-34 (рис. 4.5, а), были обычными понижающими трансформаторами с жесткой характеристикой, а для создания падающей характеристики они комплектовались отдельными дросселями — проволочными катушками со стальными сердечниками, имеющими большое индуктивное сопротивление; эти трансформаторы использовались в начальный период развития сварки. Регулирование величины тока осуществлялось изменением воздушного зазора  $k$  путем передвижения подвижной части дросселя. Были также распространены трансформаторы со встроенным дросселем (рис. 5, б) серии ГТН, предложенные академиком В. П. Никитиным для ручной сварки, и трансформаторы серии ТСД для механизированной сварки на больших токах, имеющие дистанционное управление током путем включения с пульта управления механизма перемещения подвижной части дросселя и изменения воздушного зазора  $k$ . Однако трансформаторы со встроенным дросселем серии СТН подвержены сильной вибрации и в настоящее время не применяются. Мощные трансформаторы ТСД-1000-3 и ТСД-2000-2 еще используются для автоматизированной сварки под флюсом, но промышленностью уже не выпускаются.

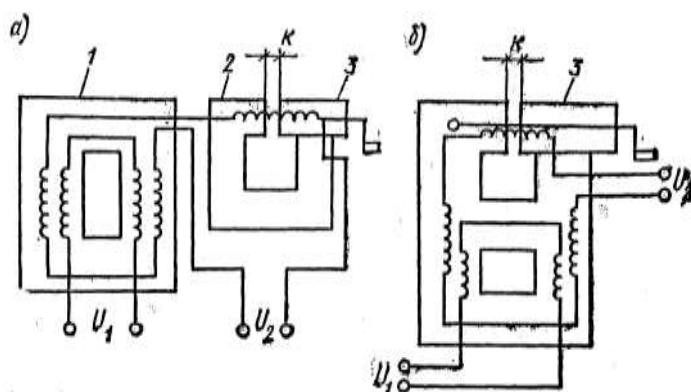


Рис. 5. Трансформаторы с нормальным магнитным рассеиванием

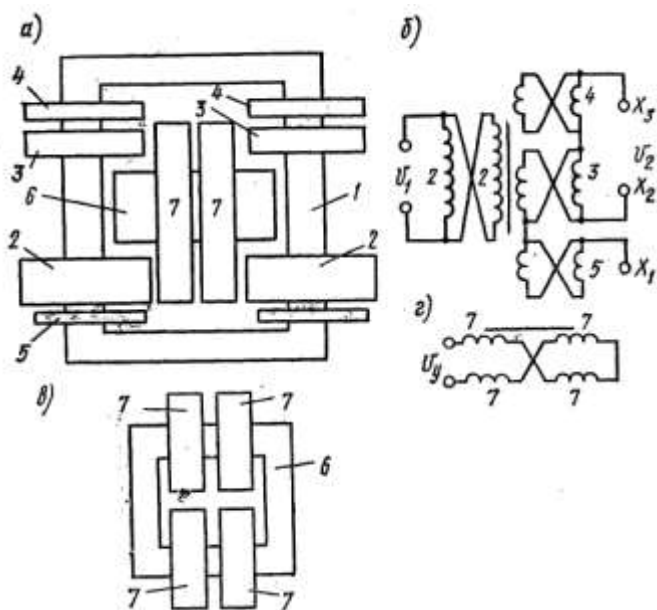
*а* — с дросселями, имеющими воздушный зазор; *б* — с встроенным дросселем; 1 — понижающий трансформатор; 2 — дроссель; 3 — подвижная часть дросселя

Незначительное распространение для ручной сварки получили трехфазные трансформаторы. Сварку от такого трансформатора обычно выполняют двумя электродами. При этом две фазы вторичной обмотки источника питания подключены к электродам, а третья — к изделию. Трехфазный трансформатор преобразует ток с 380/220 В на 60 В во вторичных обмотках с жесткой характеристикой. Для получения падающей характеристики установлены



регуляторы тока на сердечнике, имеющем регулируемый воздушный зазор. Регулирование сварочного тока осуществляется изменением воздушного зазора.

Рис. 6. Трансформатор, регулируемый подмагничиванием шунта



*а — схема конструкции; б — электрическая схема; в — схема конструкции шунта; г — электрическая схема шунта;  $U_1$  — первичное напряжение сети;  $U_2$  — вторичное напряжение холостого хода;  $U_y$  — напряжение управления шунтом; — внешний магнитопровод; 2—5 — катушки обмотки; 6 — внутренний магнитопровод; 7 — катушки обмотки управления*

### 3. Трансформаторы для автоматизированной сварки под флюсом

Для автоматизированной сварки под флюсом применяют трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием, регулируемые подмагничиванием шунта (рис. 6). Большими преимуществами таких трансформаторов является отсутствие подвижных частей, что ликвидировало вибрацию, обеспечило малую инерционность и простоту дистанционного управления.

На стержнях внешнего магнитопровода расположена катушки первичной обмотки 2 и частично разнесенные катушки вторичной обмотки 4, 5. Внутренний магнитопровод — это магнитный шунт, имеющий четыре катушки обмотки управления 7 и питаемый постоянным током. Трансформатор имеет два диапазона регулирования сварочного тока; в диапазоне малых токов нагрузка подключается к зажимам  $X_2$  и  $X_3$ , а при переходе на большие токи часть витков основной обмотки 4 отключается и подключается столько же витков обмотки 5, нагрузка подключается к зажимам  $X_1$  и  $X_2$ . Управление током в пределах диапазона механизировано путем дистанционного изменения тока в обмотке управления. Трансформаторы этого типа серии ТДФ имеют падающую внешнюю характеристику, в настоящее время они заменены более совершенными тиристорными трансформаторами (ТТ), имеющими пологопадающую и жесткую внешние характеристики.

Тиристорами называются управляемые полупроводниковые приборы — диоды. Диод благодаря полупроводниковым кристаллам обладает свойством односторонней проводимости тока. Тиристоры — более сложные управляемые диоды. Тиристорный силовой трансформатор (рис. 7) с повышенным магнитным

рассеянием состоит из двух катушек — первичной обмотки 2 и вторичной 1. Для создания диапазона малых и средних токов служит реакторная воздушная дисковая обмотка 3, установленная в окне трансформатора в плоскости, параллельной его стержням. Тиристорный трансформатор имеет фазорегулятор, с помощью которого синусоидальные гармонические колебания переменного тока преобразовываются в знакопеременные импульсы, амплитуда и длительность которых зависят от угла (фазы) включения тиристоров фазорегулятора. Сейчас разработан ряд конструкций тиристорных трансформаторов, например серии ТДФЖ, в которых предусмотрены возможность автоматизации процесса сварки, программирование режима и т.д.

На рис. 8 приведена диаграмма напряжений и токов, получаемых при импульсной стабилизации фазорегулятором. В момент окончания безтоковой паузы при угле сдвига  $\varphi$  между током  $i_2$  и напряжением холостого хода  $u$  на дугу накладывается стабилизирующий импульс тока  $s$ , что обеспечивает повторное зажигание дуги. Могут быть и другие схемы тиристорной стабилизации дуги. Для ручной сварки, резки и наплавки разработан ТТ ТДЭ-402 с аналогичной импульсной стабилизацией и дистанционным управлением. В его схеме предусмотрено снижение напряжения холостого хода до 12 В при смене электрода.

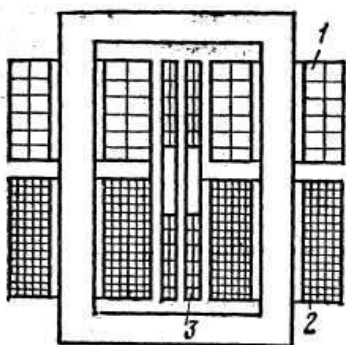


Рис. 7. Тиристорный силовой трансформатор. 1 и 2 — катушки вторичной и первичной обмотки; 3 — дисковая обмотка

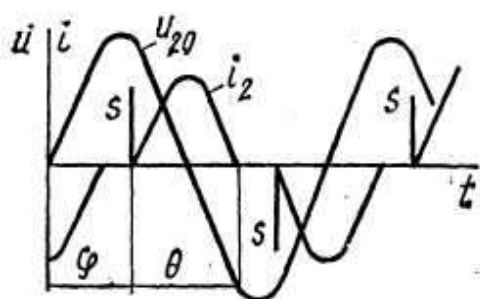


Рис. 8. Диаграмма напряжений и токов тиристорного трансформатора с импульсной стабилизацией

$u$  — длительность импульса тока;  $i$ ,  $u_{20}$  — значения тока и напряжения в периоде

#### 4. Эксплуатация сварочных трансформаторов

Сварочные трансформаторы являются основным источником питания сварочной дуги при ручной дуговой сварке различных строительных конструкций (табл. 1). Для ручной сварки на строительных площадках предпочтительно используются мобильные трансформаторы ТД-500 и ТДМ-503 и др., которые могут работать на малых и больших сварочных токах от 90 до 560 А. Трансформаторы ТД-300, ТДМ-317 и даже ТДМ-401 по мощности не удовлетворяют строителей. Эти трансформаторы большей частью используются в производственных цехах и на

ремонтных работах. У всех современных трансформаторов серии ТД и ТДМ иногда наблюдаются плохое крепление магнитопровода к каркасу, неплотности ходового регулировочного устройства и контактов, плохое крепление кожуха и другие недостатки, допущенные при изготовлении и подготовке к эксплуатации. Они вызывают усиление вибрации, что приводит к преждевременному выходу трансформатора из строя. Очень опасно нарушение изоляции обмоток, которое может вызвать их разрушение, а также замыкание на корпус тока высокого напряжения.

*Таблица 1. Технические характеристики трансформаторов*

Показатель	ТД-500	ТД-502	ТДМ-317	ТДМ-401	ТДМ-503
Номинальный сварочный ток, А	500	500	315	400	500
Пределы регулирования тока, А	100—560	100—560	60—360	80—460	90—560
Габарит, мм	720×670×835	765×670×835	760×585×818	555×585×848	555×585×888
Масса, кг	180	210	145	145	170

Примечание. Для всех трансформаторов напряжение питающей сети 380, 220 В, режим работы ПН=60 %.

Использование мощных трансформаторов серии ТДФ или ТДФЖ на токи до 1000, 1600 и 2000 А для сварки под флюсом на строительной площадке, как правило, не практикуется. Они используются в цехах производственных предприятий, изготавливающих строительные конструкции.

Перед включением трансформатора в сеть необходимо удалить его смазку, затем продуть трансформатор сухим сжатым воздухом, подтянуть ослабленные крепления, убедиться, что на трансформаторе нет видимых повреждений, после чего проверить мегомметром на 500 В сопротивление изоляции между первичной обмоткой и корпусом, между первичной и вторичной обмотками и между вторичной обмоткой и корпусом. После этого можно подсоединить кабель нужного сечения и затянуть все контактные зажимы. Особенно тщательно необходимо заземлить трансформатор и зажим вторичной обмотки, к которому подключается провод к изделию, а также свариваемую конструкцию. Затем нужно установить нужный диапазон и сварочный ток по шкале, проверить соответствие напряжения сети напряжению, указанному на заводской табличке, после чего подключить трансформатор к сети через рубильник и предохранители.

Ежедневно перед работой следует осматривать трансформатор для устранения замеченных повреждений и недостатков.

Один раз в месяц очищать трансформатор от пыли и грязи и при необходимости подтягивать контакты.

Один раз в три месяца следует проверять наружным осмотром состояние конденсаторов фильтра защиты от радиопомех и при необходимости заменять их, тщательно зачищая контакты и затягивая винтовые соединения; проверить сопротивление изоляции.

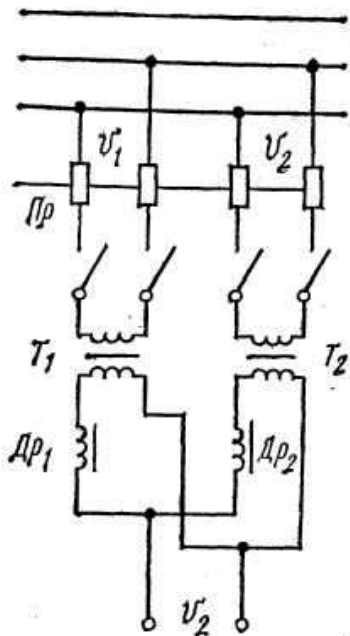


Рис. 9. Электрическая схема параллельного соединения трансформаторов:  $U_1$  и  $U_2$  — первичное и вторичное напряжения трансформаторов;  $T_1$  и  $T_2$  — трансформаторы;  $Др1$  и  $Др2$  — дроссели;  $Пр$  — предохранители

Один раз в шесть месяцев следует очищать контакты и изоляционные части переключателя диапазона от медной пыли и грязи, смазывать контактные поверхности и части тугоплавкой смазкой.

При работе на открытом воздухе и во взрывоопасных помещениях и опасных условиях работы необходимо применять ограничитель холостого хода до 12 В для уменьшения напряжения при смене электрода.

Наиболее характерные неисправности сварочных трансформаторов, выявляемые при сварке: повышенная вибрация и гудение; повышенное напряжение холостого хода; толчки силовых катушек; повышенный нагрев (подгорание) контактов; замыкание высокого напряжения на корпус; перегрев трансформатора.

Все неисправности должны быть устранены электромонтажником при выключенном от силовой сети трансформаторе. Если мощности и номинальный сварочный ток имеющихся на строительной площадке трансформаторов недостаточны для сварки на большом токе, трансформаторы одного типа могут быть подсоединены параллельно (рис. 9). Однако при этом необходимо, чтобы напряжение холостого хода подсоединяемых трансформаторов было одинаково, сварочный ток каждого был отрегулирован на одно и то же значение. При сварке необходимо постоянно контролировать приборами (вольтметрами и амперметрами) значение напряжения и тока соединенных параллельно трансформаторов.

Дистанционное регулирование тока при сварке значительно упрощает работу сварщика, уменьшает потери его рабочего времени на переходы к источнику питания дуги для регулирования тока и, следовательно, повышает производительность труда. В новой модели тиристорного трансформатора для ручной сварки ТДЭ-402 можно осуществлять дистанционное регулирование с переносного пульта управления. В трансформаторе ТДФ дистанционно включается

ток подмагничивания шунта, а в ТДФЖ регулирование силы сварочного тока осуществляется автоматически путем изменения скорости подачи сварочной проволоки.

## **Литература**

1. Алексеев Е. К., Мельник В. И. Сварка в промышленном строительстве. — М.: Стройиздат, 2000. — 377 с.
2. Алешин Н. Пм Щербинский В. Г. Контроль качества сварочных работ. — М.: Высш. школа, 2006. — 167 с.
3. Безопасность производственных процессов/Под ред. С. В. Белова — М.: Машиностроение, 1995. — 448 с.
4. Блинов Аs Н.t Лялин К. В- Организация и производство сварочно-монтажных работ, — М: Стройиздат, 1998. — 343 с.
5. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением.— Л.: Машиностроение, 2007. — 468 с.