

А. И. Бардин (к.т.н.), А.В. Романов (к.т.н), А.В. Джаникян (Рязанский Государственный радиотехнический университет)

А.П. Бирюков, П.В. Ковергин (Государственный Рязанский приборный завод),

Новая линейка промышленных сварочных аппаратов «ФОРСАЖ»

Государственный Рязанский приборный завод (ГРПЗ) производит более пятнадцати лет сварочное оборудование инверторного типа, которое получило широкое распространение на промышленных предприятиях России, Украины, Казахстана и Беларуси. За годы выпуска специалистами предприятия отработаны технологии производства сварочных аппаратов, налажено сервисное обслуживание, ведется постоянная работа по совершенствованию аппаратных функций.

Сейчас на ГРПЗ активно идет процесс полной замены товарного ряда сварочного оборудования ФОРСАЖ. Учитывая отзывы и предложения ведущих специалистов в области сварки, были сформулированы необходимые требования, которым должно отвечать современное сварочное оборудование. В разработке [сварочного оборудования «Форсаж»](#) непосредственное участие принимают специалисты Научно-технического Центра силовой электроники Рязанского государственного радиотехнического университета (НТЦСЭ РГРТУ).

Выпускаемые сегодня новые инверторные источники тока для электродуговой сварки ФОРСАЖ-200, ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302, заменившие ранее серийно выпускаемые модели ФОРСАЖ-160, -250, -315 и их модификации, отвечают самым взыскательным требованиям, предъявляемым к современному сварочному оборудованию.



Трехфазные аппараты ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302 обеспечивают возможность выполнения сварочных работ, как в стационарных, так и в полевых условиях от автономных передвижных источников электропитания. В аппаратах используется схема питания без нейтрального провода.

[ФОРСАЖ-301](#) предназначен для ручной дуговой сварки штучными электродами диаметром 1,6...6,0 мм (режим ММА), а также может использоваться в качестве источника для аргонодуговой сварки постоянным током (режим TIG). Аппарат способен распознавать подключенную TIG-горелку, при нажатии кнопки на которой он автоматически переходит в режим TIG, либо выбор режима производится

вручную кнопкой «ММА/TIG» на передней панели.

[ФОРСАЖ-302](#) – универсальный аппарат. Он обеспечивает сварку в тех же режимах и в той же мере, что и ФОРСАЖ-301, но основное назначение ФОРСАЖ-302 – полуавтоматическая сварка в среде защитных газов сплошной или порошковой электродной проволокой диаметром от 0,8 до 1,2 мм совместно с механизмом подачи проволоки (режим MIG/MAG).

ФОРСАЖ-302 также способен автоматически переходить в нужный режим работы в зависимости от подключенного внешнего оборудования, либо выбор режима может производиться вручную кнопкой «ММА/TIG/MIG-MAG» на передней панели аппарата. В составе аппарата ФОРСАЖ-302 имеется встроенный источник питания механизма подачи проволоки (24 В) и подогревателя газа (36 В).

Применение микропроцессорного управления, оптимального пользовательского интерфейса позволяет адаптировать ФОРСАЖ-301 ФОРСАЖ-302 к требованиям сварочных работ. Режимы, рабочие и сервисные функции источника выбираются и регулируются с помощью цифровой технологии. Панели управления имеют удобные в применении регуляторы, переключатели, цифровые дисплеи.



Лицевая панель СА ФОРСАЖ-301



Лицевая панель СА ФОРСАЖ-302

Силовой инвертор построен по схеме полного моста на современных IGBT-транзисторах с квазирезонансным переключением на нулевом напряжении (ZVS). Частота преобразования составляет ≈ 30 кГц.

Аппараты ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302 оснащены всеми необходимыми защитными функциями, обеспечивающими надежную безаварийную работу оборудования: защита от отклонений более допустимых значений напряжения питающей сети (монитор питания), защита от перегрева термонапряженных элементов, защита от длительного (более 3 сек.) короткого замыкания в нагрузке. При возникновении аварийного события источник блокируется, выходное напряжение снижается до нуля, а при превышении сетевым напряжением уровня 460 В источник отключается от сети. Аппарат автоматически и полностью восстанавливает свою работоспособность при снятии аварийной ситуации. Кроме того, в аппаратах ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302 реализована защита от перегрузки по току силовых транзисторов. При возникновении аварийного события на дисплеи выводится расширенная информация об ошибке с указанием, например, температуры и номера сработавшего термодатчика.

Основные технические параметры сварочных аппаратов ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302 представлены в таблице.

Таблица

Электропитание – трехфазная сеть переменного тока (стационарная или автономная) с линейным напряжением, В	380 \pm 20 %
Коэффициент электрической нагрузки (ПН, ПВ) при рабочем цикле 5 мин (в режимах TIG и MMA) и 10 мин (в режиме MIG/MAG) и рабочей температуре окружающего воздуха $+(25\pm 2)^\circ$ С, %: - при максимальном сварочном токе 315 А - при сварочном токе 250 А	60 100
Напряжение холостого хода: - в безопасном режиме, В - в активном режиме, В	≤ 12 85 \pm 15
Время переключения аппарата на безопасное напряжение холостого хода, сек., не более	0,6
Диапазон сварочного тока в режиме MMA, А	20...315
Диапазон сварочного тока в режиме TIG, А	10...315
Диапазон сварочного напряжения в режиме MIG/MAG*	15...30
Постоянное напряжение питания механизма подачи проволоки*, В	24 \pm 2
Основные функции и режимы	См. по тексту
Габаритные размеры аппарата, мм, не более	425x185x355
Масса аппарата, кг, не более	16

* - для ФОРСАЖ-302

Основные функции и режимы аппаратов ФОРСАЖ-301 и ФОРСАЖ-302

1. Цифровая индикация заданного значения сварочного тока (напряжения)

При отсутствии тока в сварочной цепи индикатор тока в режимах MMA и TIG или индикатор напряжения в режиме MIG/MAG показывают заданное значение тока (А) или напряжения (В) дуги. Для режима MMA напряжение, при котором сварочный ток будет равен заданному, определяется по формуле:

$$U = 20,0 + 0,04 \cdot I$$

для TIG:

$$U = 10,0 + 0,04 \cdot I$$

Для режима MIG/MAG ток, при котором напряжение будет равно заданному, определяется по формуле:

$$I = 20 \cdot (U - 14,0)$$

Для обозначения, что индицируемое значение не является измеряемым, соответствующие индикаторы мигают с периодом 0,5 сек.

2. Точная регулировка выходного тока (напряжения)

Для установки заданного значения тока (напряжения) используется поворотный энкодер. Дискретность установки тока составляет 1 А, установки напряжения - 0,1 В. При ускоренном вращении энкодера шаг увеличивается пропорционально скорости вращения.

3. Измерение и цифровая индикация текущего значения тока и напряжения сварочной цепи

При наличии тока в сварочной цепи индикаторы тока и напряжения показывают текущее среднее значение измеряемой величины. Время усреднения составляет 1,0 сек. Точность измерения тока не хуже ± 3 А, напряжения – $\pm 0,5$ В (точки, на которых измеряется напряжение, – внутренний болт выходных силовых разъемов).

4. Набор вольтамперных характеристик*

Вольтамперные характеристики (ВАХ) аппаратов оптимизированы для режимов работы:

- в режиме MMA – крутопадающая с наклоном 1,85 В/А
- в режиме TIG – штыковая (источник тока)
- в режиме MIG/MAG – пологопадающая с наклоном 0,015 В/А.

* - параметры функции могут корректироваться по желанию заказчика с помощью сервисного пульта, количество перенастроек не ограничено – см. п. 24.

5. Отключаемая функция «Горячий старт»*

Применяется только в режиме MMA. После зажигания дуги значение тока составит 160% от установленного значения (но не более максимального тока) и далее будет линейно спадать в течение 0,6 сек. до нормы с возможностью включения-отключения этого режима кнопкой на передней панели аппарата.

6. Неотключаемая функция «Форсаж дуги» (Arcforcing)*

Применяется только в режиме MMA. Увеличение выходного тока при уменьшении напряжения на дуге ниже 15 В, за счет уменьшения наклона вольтамперной характеристики ниже этой точки с величины 1,85 В/А до 0,35 В/А. Фактически можно трактовать как увеличение тока КЗ.

7. Управляемая функция «Дежурная дуга»*

Применяется в режиме TIG. Ток начала и окончания сварочного процесса. Если применяется горелка с кнопкой, то такое значение тока будет удерживаться до тех пор, пока сварщик будет удерживать кнопку после зажигания дуги или после заварки кратера. Величина дежурного тока равна минимальному значению тока дуги в режиме TIG (10 А).

8. Функция плавного нарастания тока дуги*

Применяется только в режиме TIG. Время линейного увеличения выходного тока от момента отпускания кнопки на горелке (после дежурного тока) до момента достижения им установленного номинального значения составляет 1 сек.

9. Функция плавного спада тока дуги («Заварка кратера»)*

Применяется только в режиме TIG. Время линейного уменьшения выходного тока от момента нажатия на кнопку на горелке (после проведения сварки номинальным током) до момента достижения им значения тока дежурной дуги составляет 3 сек. После окончания выдержки на выходе аппарата будет стабилизироваться ток дежурной дуги до тех пор, пока удерживается кнопка. Если отпустить кнопку до окончания выдержки, ток прекратится.

10. Функция «Базовый ток» *

Применяется в режиме MIG/MAG. Значение тока, ниже которого выходная «жесткая» характеристика аппарата имеет излом и напряжение начинает возрастать вплоть до величины U_{xx} . Величина базового тока составляет 25 А.

11. Функция плавного нарастания тока короткого замыкания*

Динамическая характеристика, применяется только в режиме MIG/MAG. Скорость увеличения тока на выходе аппарата с момента касания сварочной ванны расплавленной каплей сварочной проволоки составляет 100 кА/сек. Скорость уменьшения выходного тока не регулируется и составляет 180 кА/сек.

12. Функция запоминания текущих параметров сварки

При выключении питания все текущие значения выходных параметров сохраняются в памяти текущего режима работы (MMA, TIG или MIG/MAG). При включении аппарата загружаются параметры последнего режима сварки.

13. Функция автоматического переключения режимов работы

При нажатии кнопки на горелке TIG аппарат автоматически переключается в режим TIG, при нажатии кнопки на горелке MIG/MAG – в режим MIG/MAG.

14. Контактный поджиг дуги в режиме TIG с использованием кнопки на горелке

Эта функция обеспечивает щадящий поджиг дуги на токе «дежурной дуги» до момента отпускания кнопки (см. п.п. 7, 8). Причем при нажатии на кнопку горелки перед началом сварки на выходе аппарата остается безопасное напряжение 4...5 В (см. также п.16).

15. Контактный поджиг дуги в режиме TIG без использования кнопки на горелке

Если аппарат переведен в режим TIG кнопкой на передней панели, включить силовой преобразователь можно не только кнопкой на горелке, но и сделав короткое замыкание на выходе. В этом случае выходной ток в начальный момент будет равен току дежурной дуги и сразу начнет нарастать за время нарастания тока дуги (см. п. 8) до номинального значения.

Если нажать кнопку на горелке TIG, поджиг дуги контактным способом без использования кнопки на горелке становится невозможным, и аппарат управляется от кнопки в соответствии с описанием, приведенным в п. 14.

16. Функция ограничения напряжения холостого хода на безопасном уровне

Применяется в режимах MMA и TIG. Если выходное напряжение аппарата превышает 50 В в течение не более 0,6 сек после окончания сварки, то силовой преобразователь отключается, и на выходе аппарата остается напряжение от 4 до 5 В. Потребляемая мощность в этом режиме не превышает 15 Вт. Включение выключенного преобразователя произойдет, если сопротивление цепи, подключенной к выходным зажимам, будет менее 100 Ом.

17. Функция защиты от прокаливания электрода («AntiStick»)

Применяется только в режиме ММА. Если с момента начала короткого замыкания для инициирования электрической дуги его длительность превышает 1 сек., силовой преобразователь выключается. Повторное включение возможно только после устранения короткого замыкания.

18. Выключение аппарата при длительном КЗ сварочной цепи

Если в процессе горения дуги происходит короткое замыкание длительностью более 3 сек., силовой преобразователь выключается. Повторное включение возможно только после устранения короткого замыкания.

19. Защита аппарата от включения при КЗ сварочной цепи

Если при включении питания сварочного аппарата выходные клеммы оказываются замкнутыми, силовой преобразователь не включится. Включение возможно только после устранения короткого замыкания.

20. Защита от перегрева

Контролируется температура радиаторов транзисторов преобразователя и силового трансформатора. Преобразователь выключается, если температура одного из радиаторов превысит 85° С или температура трансформатора превысит 125° С. Включение преобразователя возможно при снижении температуры радиаторов до 55° С, а трансформатора до 90° С.

21. Индикация текущей температуры горячего элемента после срабатывания защиты от перегрева

На индикатор выводится текущее значение температуры горячего элемента, нагрев которого вызвал срабатывание защиты от перегрева.

22. Автоматическое отключение преобразователя при высоком/низком напряжении питающей сети

Если напряжение питающей сети превышает 265 В (фазное), силовой преобразователь отключается и его питание размыкается. Если входное напряжение опускается ниже 170 В, силовой преобразователь также отключается.

23. Аналоговое дистанционное управление

Аналоговое дистанционное управление (ДУ) позволяет управлять выходным током (режимы ММА, TIG) или напряжением (MIG/MAG) при помощи переменного резистора (сопротивлением 1...50 кОм) или непосредственно уровнем постоянного напряжения 0...5,0 В. Максимальная длина линии связи – 40 м.

24. Коррекция заводских настроек параметров

Значение параметров функций, отмеченных в списке знаком * и загружаемых при включении аппарата, можно изменить, если подключить сервисный пульт и запомнить новые настройки в ячейке памяти № 0 для выбранного режима работы (ММА, TIG, MIG/MAG) либо просто выключить питание.

Диапазон регулирования параметров:

- наклон ВАХ в режиме MIG/MAG – 10...40 мОм;
- наклон ВАХ в режиме ММА – 0,4...1,85 В/А;
- ток «Горячего старта» – 0...200 %, время – 0...2,0 сек.: скорость спада тока постоянна, т.е. если увеличение будет, например, на 100%, то ток спадет за 1,0 сек.;
- «Форсаж дуги» – 0...100 условных единиц, соответствующих изменению наклона ВАХ в режиме, близком к короткому замыканию (ниже 15 В), от 1,85 до 0,35 В/А;

- ток «Дежурной дуги» в режиме TIG – 10...35 А;
- время плавного нарастания тока дуги в режиме TIG – 0,3...10 сек.;
- время «Заварки кратера» в режиме TIG – 0,3...15 сек.;
- «базовый ток» в режиме MIG/MAG – 5...30 А;
- скорость нарастания тока короткого замыкания (MIG/MAG) – 60...160 кА/сек.

25. Работа от автономных передвижных источников электропитания

Аппараты допускают возможность работы от автономных генераторов. Выбор необходимой полной мощности электростанции S (кВА) можно рассчитать из условия $S \geq 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U \cdot I$, где I и U – ток и напряжение в дуге.

Для режима MMA:
$$S \geq \frac{I \cdot (I + 500)}{16,6 \cdot 10^3},$$

Для режима TIG:
$$S \geq \frac{I \cdot (I + 250)}{16,6 \cdot 10^3},$$

Для режима MIG/MAG:
$$S \geq \frac{U \cdot (U - 14)}{33,3}.$$

26. Счетчик времени работы

Кнопкой сервисного пульта можно вызвать на индикатор значение наработки аппарата в часах.

В процессе производства сварочного оборудования широко используются инновационные технологии и высокопроизводительное оборудование предприятия – современный комплекс по производству печатных плат высших классов точности, полностью автоматизированные линии поверхностного монтажа, мощное инструментальное и литейное производство, металлообрабатывающее производство деталей повышенной сложности и точности, испытательный центр с широкими возможностями моделирования реальных условий эксплуатации изделий. Вся продукция проходит квалификационные, периодические и климатические испытания, а также испытания на механические воздействия и ряд других. Для подтверждения надежности и оценки сварочных свойств новых аппаратов широко практикуется проведение испытаний и опытная эксплуатация в производственных условиях на промышленных предприятиях. Широкий спектр выпускаемого оборудования с различными функциональными возможностями позволяет выбрать модель под конкретные производственные задачи, обеспечивая быстрый возврат инвестиций.