

ВЛИЯНИЕ ИНВЕРТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О. А. Алферова

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель О. Г. Широков

Повышение качества электрической энергии является важной народнохозяйственной проблемой, решение которой позволит повысить экономическую эффективность производства за счет снижения потерь электроэнергии, увеличения срока службы электрооборудования и повышения надежности.

Показатели качества и их допустимые значения определены ГОСТ 13109–97.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

– коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U :

$$K_{U_i} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{(1)i}} 100,$$

где $U_{1(i)}$ – действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты для i -го наблюдения, В, кВ;

– коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{1(i)}} 100,$$

где $U_{1(i)}$ – действующее значение напряжения основной частоты на i -м наблюдении в вольтах, киловольтах.

Причиной возникновения несинусоидальности токов и напряжений является нелинейность вольт-амперных характеристик элементов электрических сетей и приемников электроэнергии. К ним относятся вентиляльные преобразователи, установки электросварки, электродуговые печи, газоразрядные источники света, силовые трансформаторы, двигатели и т. д. Характерной особенностью этих устройств является потребление ими из сети несинусоидальных токов при подведении к их зажимам синусоидального напряжения.

В последние годы на предприятиях широкое применение находят инверторные сварочные аппараты, которые пришли на смену полупроводниковым выпрямителям с трехфазной мостовой схемой выпрямления с неуправляемыми вентилями (сварочные выпрямители серий ВС, ВСС, ВД, ВДУ, ВКСМ).

Сравнительный анализ технических параметров инверторных сварочных аппаратов показывает [1], что их совершенствование идет по следующим направлениям: снижение веса, увеличение ПВ до 100 %, повышение надежности работы и качества сварки, уменьшение стоимости и максимальная автоматизация настройки оптимального технологического процесса с целью упрощения сварочных работ. Они обязательно имеют в своем составе транзисторный инвертор, что позволяет более качественно выпрямлять переменный ток, так как инвертор преобразует переменный ток сети частотой 50 Гц в ток 50–150 кГц. Инверторы обладают рядом достоинств, среди которых более низкий сварочный ток, хороший поджог дуги и малое разбрызгивание металла, малые габариты и вес сварочного аппарата.

Уменьшение сварочного тока при повышении качества сварки достигается за счет более качественного выпрямленного тока. Пульсации сварочного тока практически не наблюдаются.

Хороший поджог дуги, т. е. ее легкое возбуждение, устойчивое горение и стабильность параметров дуги, в том числе при колебаниях напряжения питающей сети, обеспечивается наличием инвертора. Ряд моделей позволяют работать при существенно пониженном напряжении питающей сети и от генераторов, на значительном удалении от силовых щитов, в труднодоступных местах, в замкнутых пространствах и на высоте.

Плавное регулирование сварочного тока обеспечивается схемой управления инвертором (в некоторых моделях сварочных инверторов реализуется дистанционное управление).

Высокое энергосбережение обеспечивается за счет низкого энергопотребления на холостом ходу, уменьшения сварочного тока.

Уменьшение массогабаритных размеров сварочного трансформатора делает сварочный инвертор легким и мобильным в работе, идеально приспособленным для ручной дуговой сварки, а благодаря применению технологии высокочастотного ключевого преобразователя большинство современных инверторных сварочных аппаратов стабильно работает и в случае серьезных изменений напряжения в сети. Этот тип сварочных аппаратов непрерывно совершенствуется и завоевывает все большую популярность как на производстве, так и в быту.

Регулирование режима сварки в инверторном аппарате осуществляется несколькими способами:

1. Регулирование величины напряжения, подаваемого на вход инвертора.

Если входной выпрямительный блок (V1) (рис. 1, а) выполнен тиристорным, то, изменяя угол открытия тиристорov, можно изменять выпрямленное среднее напряжение $U_{в.с}$ (рис. 1, б) и выходное. Если угол открытия тиристорov увеличивается, то $U_{в.с}$ уменьшается, и наоборот. При увеличении напряжения $U_{в.с}$ увеличивается и

амплитуда высокочастотного напряжения u_2 и среднее значение u_B выпрямленного напряжения (рис. 2, а). Обычно этот процесс поясняется с использованием графических буквенных символов. Вертикальная стрелка при буквенном символе (\downarrow) указывает на увеличение или уменьшение величины, обозначенной буквенным символом. Горизонтальная стрелка между двумя буквенными символами (\Rightarrow) указывает направление процесса. Следовательно, при уменьшении угла открытия тиристора α напряжение на дуге будет увеличиваться (рис. 1, з):

$$\alpha \downarrow \Rightarrow U_{bc} \uparrow \Rightarrow u_1 \uparrow \Rightarrow u_2 \Rightarrow u_B \uparrow.$$

2. Регулирование напряжения дуги изменением частоты инвертора.

Если увеличивать или уменьшать время подачи сигналов на базу транзисторов $VT1$ и $VT2$ (рис. 1, а), т. е. уменьшать или увеличивать время одного периода T , то частота ЭДС инвертора ($f = 1/T$) будет изменяться обратно пропорционально времени периода (рис. 1, б):

$$T \downarrow \Rightarrow f \uparrow \Rightarrow u_B \uparrow.$$

Изменение напряжения на дуге зависит от значения ЭДС вторичной обмотки трансформатора. При синусоидальной форме кривой магнитного потока мгновенное значение ЭДС

$$e_2 = 2\pi f_2 W_2 \sin(2\pi f_2 t),$$

откуда максимальное значение (амплитуда) ЭДС

$$E_2 = 2\pi f_2 W_2,$$

т. е. с увеличением ЭДС при постоянных конструктивных параметрах и неизменном насыщении стали сердечника высокочастотного трансформатора ЭДС увеличивается прямо пропорционально частоте, следовательно, будет увеличиваться u_B (рис. 3, б и 4, б).

3. Регулирование напряжения дуги широтно-импульсной модуляцией.

Этот способ получил наибольшее распространение (рис. 2, в). Напряжение на дуге зависит от продолжительности импульса при постоянной частоте:

$$t \uparrow \Rightarrow u_B \uparrow.$$

При постоянной частоте инвертора облегчается выбор параметров выходного фильтра, а также снижается спектр электромагнитных помех, которые легче устранить входным фильтром.

Таким образом, в выпрямителе инвертором используется амплитудное, частотное и широтно-импульсное регулирование режима.

Естественные внешние характеристики выпрямителя зависят от конструкции инвертора и трансформатора. Искусственные характеристики формируются с помощью обратных связей по току и напряжению.

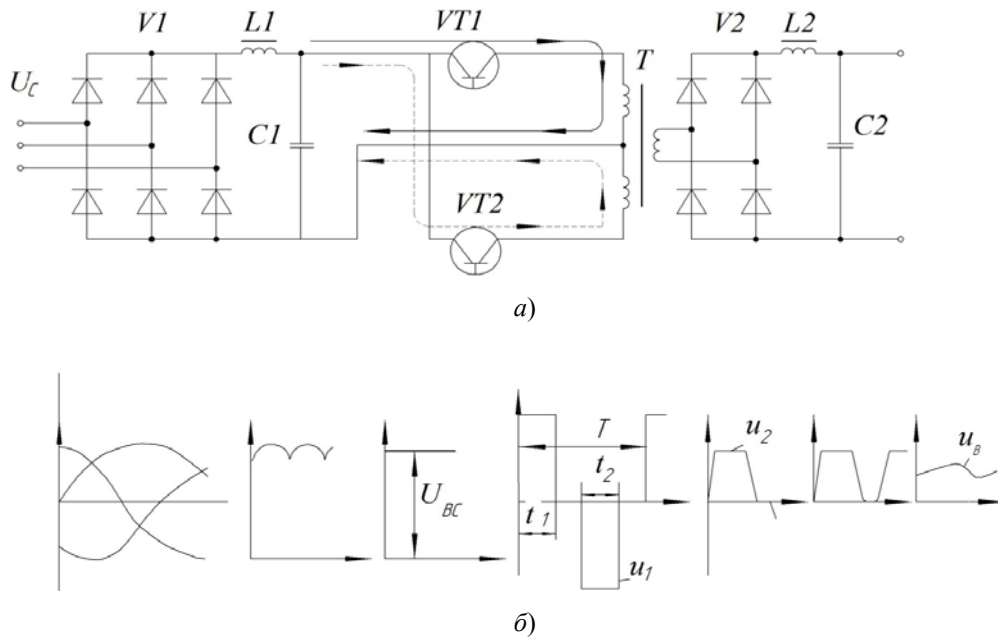


Рис. 1. Выпрямитель с транзисторным инвертором

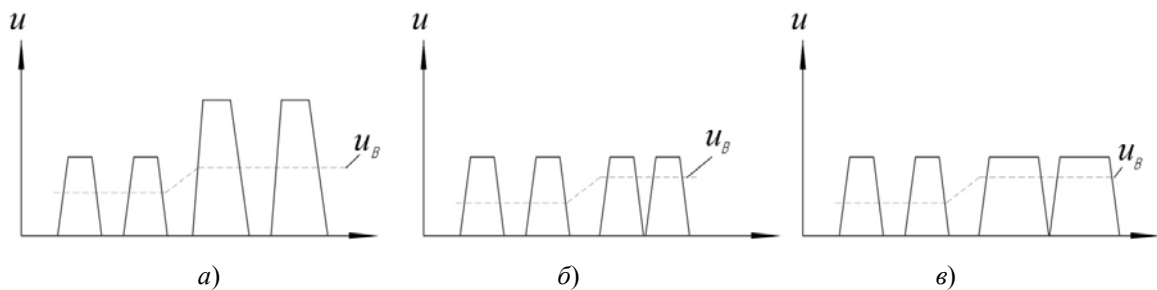


Рис. 2. Осциллограммы при регулировании напряжения: а – изменением величины напряжения, подаваемого на вход инвертора; б – изменением частоты инвертора; в – шириной импульсов

Несмотря на существенные достоинства и широкий спектр применения инверторных источников питания, они являются мощными источниками высших гармоник, генерируемых в сеть. Так, при дуговой сварке на переменном токе в сеть генерируются 3 и 5-я гармоники, при дуговой сварке на постоянном токе – 5, 7, 11, 13-я [2].

Таким образом, инверторные источники питания сварочной дуги приводят к значительному снижению качества электрической энергии и негативно отражаются на работе всей системы электроснабжения.

Литература

1. Гончар, А. А. Сварочные выпрямители и инверторы / А. А. Гончар // Гл. энергетик. – 2010. – № 1. – С. 46–58.
2. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий / И. В. Жежеленко [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 296 с.