

СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ТОКА ИНВЕРТОРНЫХ СВАРОЧНЫХ АППАРАТОВ

Пивкин А. В., Бардин В. М., Борисов Д. А.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск
Тел. +7 (902)6661897 E-mail: antonyxy@gmail.com

Аннотация. Работа современных электросварочных аппаратов инверторного типа основана на преобразовании выпрямленного напряжения питающей сети в последовательность импульсов напряжения высокой частоты, которые преобразуются в сварочный ток. Известно, что любая последовательность импульсов тока имеет широкий частотный спектр. Учитывая значительную амплитуду токовых импульсов, сварочный инвертор оказывается источником сильных радиопомех. Для их оценки было проведено компьютерное моделирование, позволившее оценить ширину спектра и его энергетические параметры. Полученная информация позволяет определить конкретные инженерные решения, позволяющие обеспечить соответствие сварочных аппаратов по электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: электросварочный аппарат, помехи, спектр, электромагнитная совместимость, моделирование

В настоящее время традиционные электросварочные аппараты переменного и постоянного тока успешно вытесняются полупроводниковой техникой. Основой таких устройств являются инверторные преобразователи напряжения, работающие на частотах килогерцового диапазона. Структурная схема сварочного аппарата постоянного тока приведена на рис. 1.

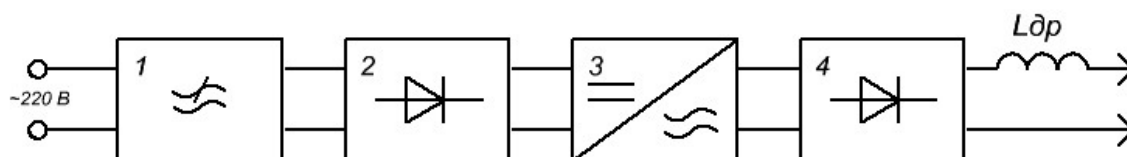


Рис. 1. Структурная схема сварочного аппарата

- 1 – входной фильтр радиопомех
- 2 – входной выпрямитель с накопителем энергии
- 3 – инвертор
- 4 – выходной выпрямитель

Управление сварочным током (задание и изменение величины, стабилизация) в них осуществляется путем широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Поэтому форма тока на выходе собственно инвертора (но не аппарата в целом) носит характер периодической последовательности импульсов, которая может быть представлена в виде ряда Фурье [1]:

$$S(t) = \left(\frac{A}{g}\right) + \left(\frac{2A}{\pi}\right) \sum_{n=1}^N \sin\left(\frac{n\pi}{g}\right) \frac{\cos(nwt)}{n},$$

где A – амплитуда импульсов, g – скважность $w=2\pi f$ – частота следования. Известно, что любая периодическая последовательность импульсов содержит большое число гармонических составляющих, которые могут стать причиной радиопомех, передаваемых как в питающую сеть, так и в эфир. Действующий стандарт [2] предусматривают достаточно жесткие требования по подавлению таких помех. Поскольку выходной ток сварочных ап-

паратов весьма значителен и может достигать до сотен ампер, амплитуда гармоник высокочастотных составляющих также может быть большой. С целью изучения спектрального состава тока инвертора было проведено компьютерное моделирование на базе специализированного пакета Mathcad 13. В качестве исходных данных были заданы: частота коммутации f транзисторов инвертора, скважность импульсов тока g и величина амплитуды импульсов тока I_m .

Характерный вид спектров при двух значениях g , частоте коммутации 50 кГц и амплитуде тока $I_m=160$ А приведен на рис. 2:

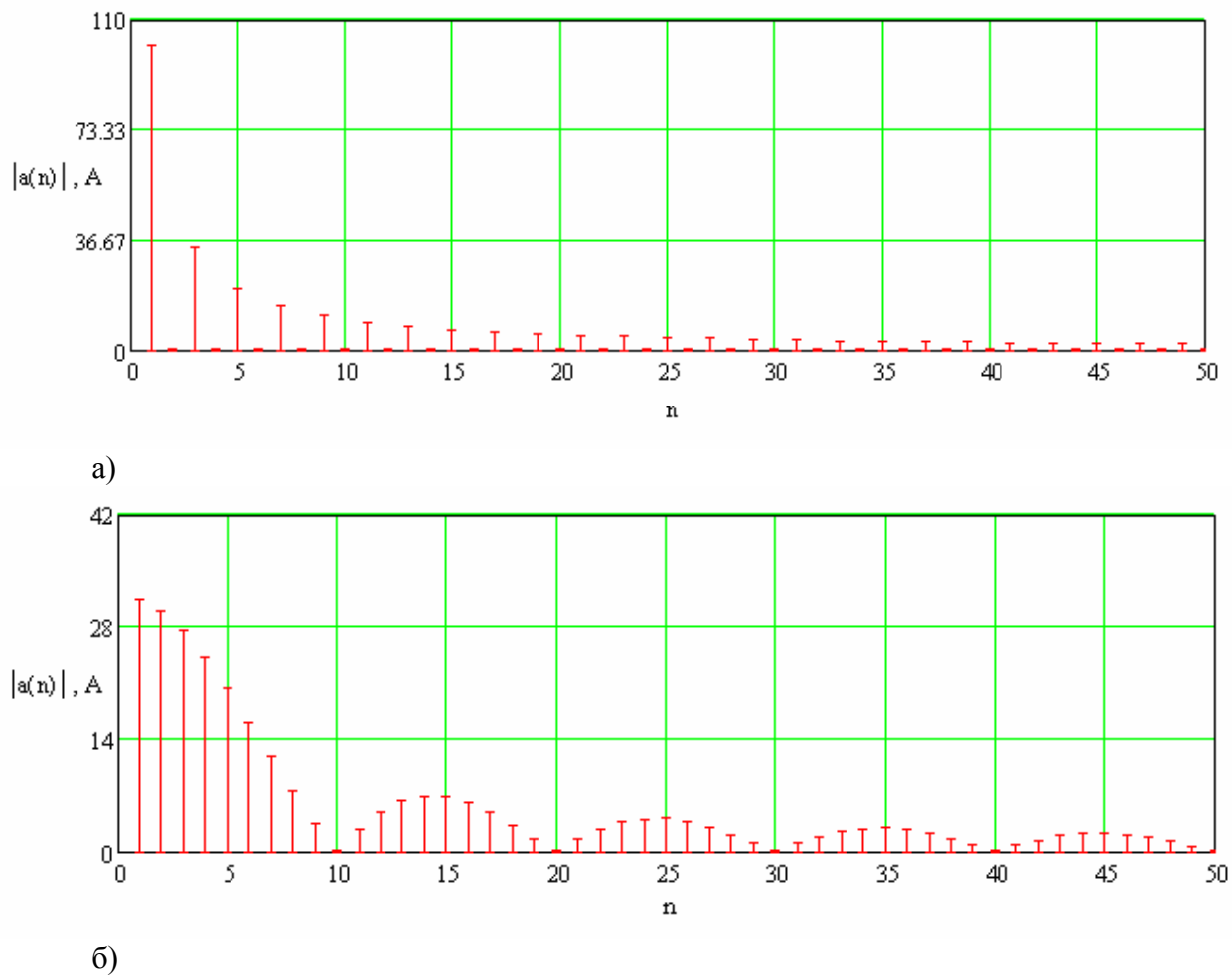


Рис.2 Вид спектров при $g=2$ (рис. а) и $g=10$ (рис б)

Полученные результаты показывают что :

1. Энергетика спектра заметно изменяется в процессе ШИМ регулирования тока.
2. Суммарная мощность спектра для рабочей частоты 50 кГц рассчитанная по фор-

муле
$$P = \frac{A_0^2}{4} + \sum_{n=1}^{50} \frac{A_n^2}{2}$$
, где A_0 – амплитуда первой гармоники, A_n – амплитуда n -ой гармоники, с увеличением скважности импульсов уменьшается (рис. 3).

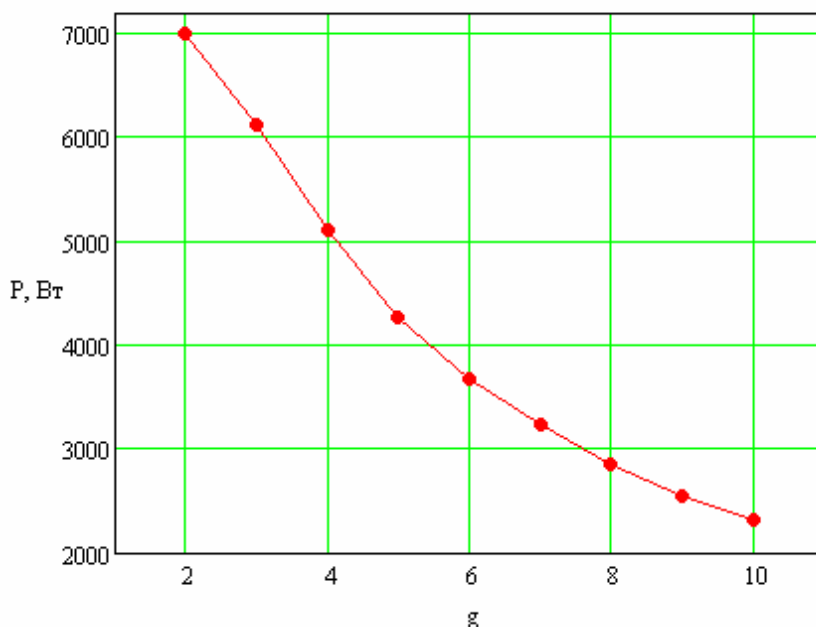


Рис. 3. Зависимость спектральной мощности от скважности импульсов

Значительная энергетика спектра требует принятия мер по обеспечению электромагнитной совместимости аппарата. Для оценки граничной частоты спектра была построена зависимость интегральной мощности от числа гармоник (рис. 4).

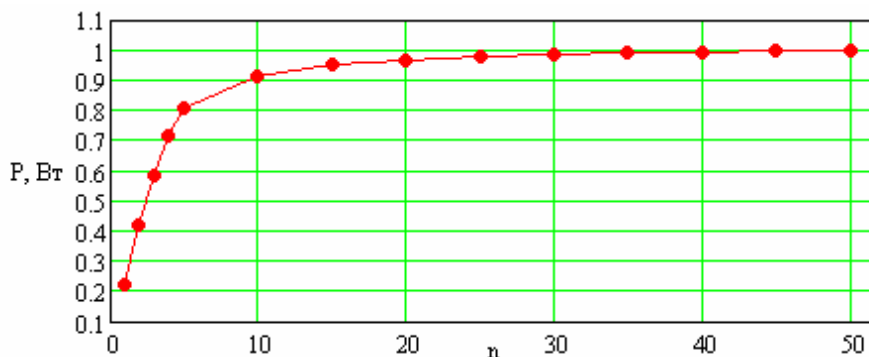


Рис. 4. Зависимость нормированной интегральной мощности от числа гармоник

Из рис. 4 следует, что ширину спектра тока следует ограничить десятой гармоникой (что соответствует частоте 500 кГц) без существенного снижения КПД.

Наличие выходного выпрямителя и сглаживающего дросселя существенно изменяет спектр выходного тока. Диодный выпрямитель является нелинейным элементом. Как известно из теории радиотехнических цепей и сигналов, нелинейный элемент значительно обогащает энергетический спектр. Если аппроксимировать вольтамперную характеристику диода кусочно-линейной функцией, считая его безинерционным и частотнонезависимым элементом, то можно полагать, что токи первой и всех остальных гармоник будут представлять собой отсеченные косинусоидальные импульсы.

Используя принцип суперпозиции, т.е. сложив спектры гармоник импульсов тока до десятой включительно, получим результирующий спектр на выходе выпрямителя рис. 5.

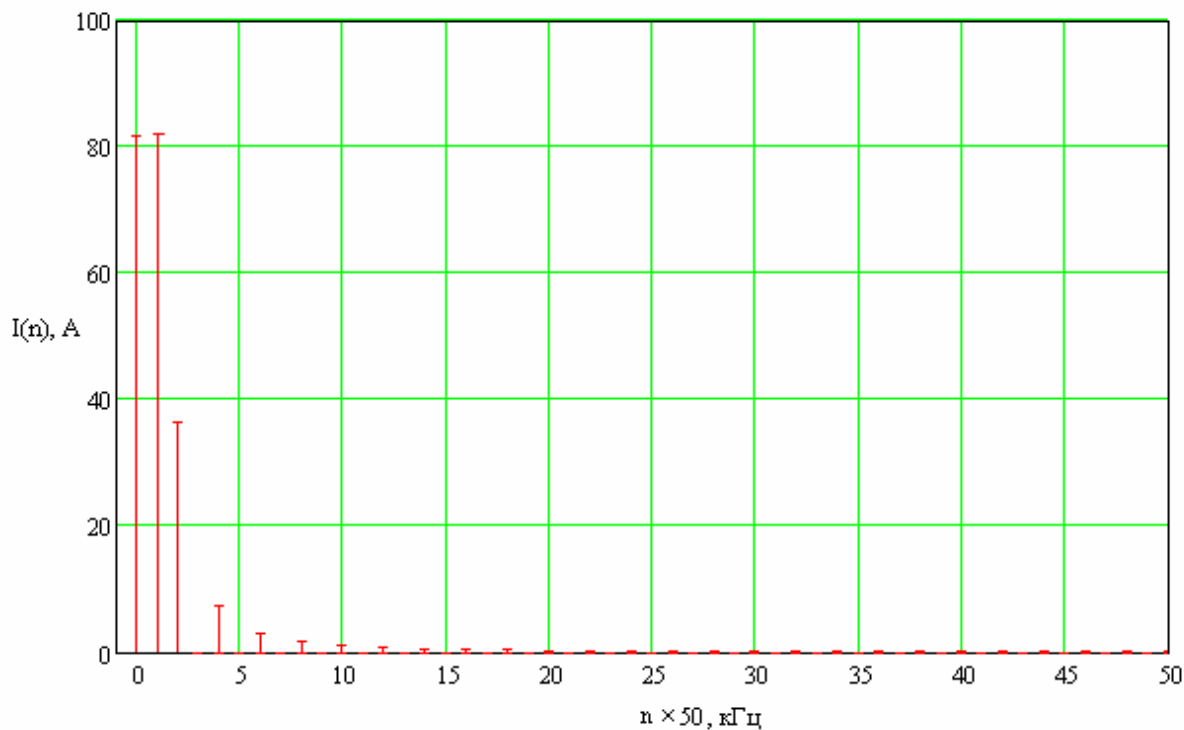


Рис. 5. Спектр на выходе выпрямителя

Если на выходе сварочного аппарата установлен сглаживающий дроссель, то при определенных его параметрах он будет выполнять функции фильтра нижних частот и уровень гармоник на выходе аппарата существенно снизится.

Использование полученных расчетных результатов позволяет более обоснованно подходить к проектированию инверторных сварочных аппаратов.

Литература

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 3-е перераб. и доп. – М. Высш. Шк., 2000 – 462с.
2. ГОСТ Р 51318.11-99 (СИСПР 11-97) Радиопомехи промышленные от промышленных, научных, медицинских и бытовых (ПНМБ) высокочастотных устройств.
3. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 2-е перераб. и доп. – М., «Советское радио» 1971, 672с.