

СПЕКТРАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КПД СВАРОЧНОГО ИНВЕРТОРА

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

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

Тел. 8-(8342)-29-05-78. E-mail: antonyxy@gmail.com

Аннотация. Одним из основных показателей любого преобразователя электрической энергии, в том числе и сварочных аппаратов, является коэффициент полезного действия (КПД). Определение КПД на постоянном токе, или на переменном токе промышленной частоты не представляет трудностей. Однако если форма тока отличается от синусоидальной процедура оценки КПД усложняется. На примере сварочного инвертора знакопеременного тока в форме импульсов, близких к прямоугольным и при рабочей частоте ультразвукового диапазона предложено оценивать КПД по спектральному составу тока. Оценка осуществлялась на базе компьютерной модели аппарата и на физическом образце инвертора. Получены достаточно близкие результаты на уровне 97%, что на 3-4 процента выше лучших ИСА для сварки на постоянном токе. Таким образом, показано, что предварительная оценка КПД может быть получена уже на начальном этапе проектирования без изготовления физического образца.

Ключевые слова: инверторный сварочный аппарат, коэффициент полезного действия, измерение, методика.

Постановка задачи

В последние два десятилетия в области сварочного приборостроения четко прослеживается тенденция перехода от громоздких трансформаторно-дрессельных аппаратов переменного и постоянного тока к малогабаритным и эффективным транзисторным инверторным сварочным аппаратам (ИСА). Абсолютное большинство представленных на рынке отечественных и зарубежных ИСА предназначены для осуществления сварки только на постоянном токе. Предпринимаются попытки создания таких аппаратов для сварки на переменном токе частоты килогерцового диапазона [1,2,3].

Одним из важнейших показателей сварочного аппарата является его коэффициент полезного действия (КПД). Известно, что КПД электрического аппарата оценивается по соотношению мощностей на входе и выходе:

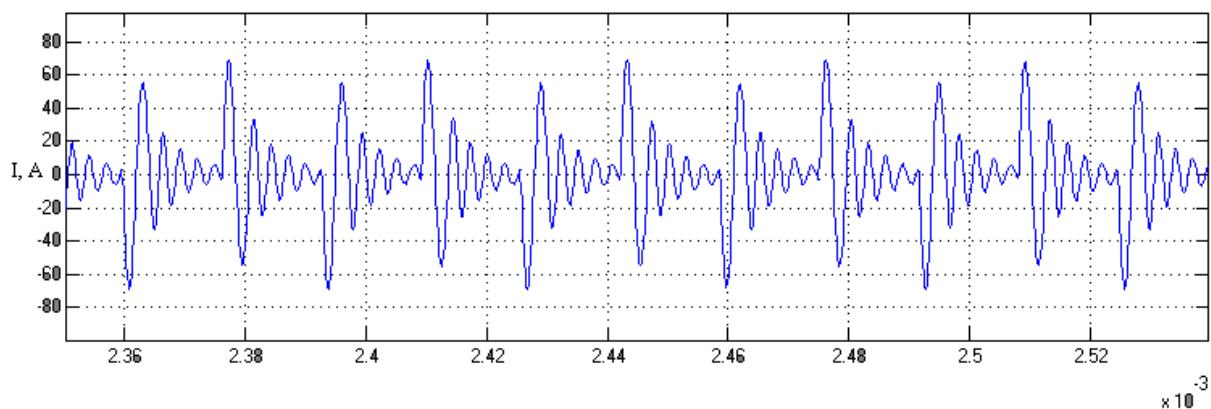
$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}$$

Способов и устройств для измерения мощности электрического тока существует достаточно много. На постоянном токе или же на синусоидальном токе промышленной частоты мощность можно оценить с помощью обычных контрольно-измерительных приборов: амперметров, вольтметров, ваттметров, счетчиков электрической энергии. Причем измеряются среднеквадратичные (эффективные) значения электрических величин. Если токи и напряжения отличаются от синусоидальных, то использование универсальных измерителей тока и напряжения становится проблематичным. В ИСА переменного тока рабочая частота может находиться в диапазоне 25-75 кГц, а форма выходного знакопеременного тока близка к прямоугольным импульсам следующим с изменяющейся скважностью. Если измерение входного тока, напряжения и потребляемой из сети мощности в данном случае не представляет сложности, то для измерения мощности в выходном фидере требуются другие методики и приборы.

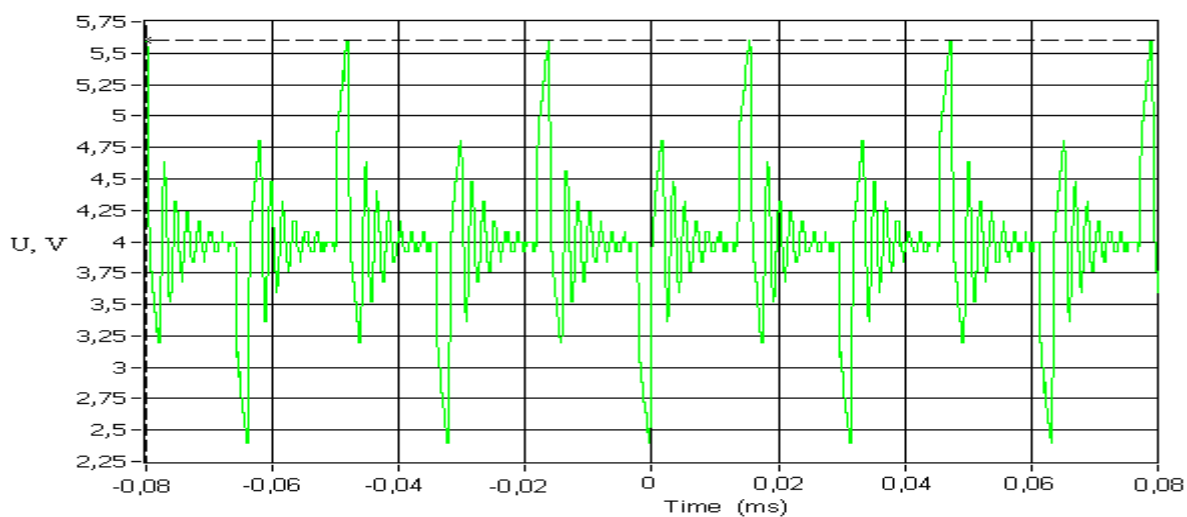
Метод решения

Выходной ток исследуемого ИСА имеет широкий спектральный состав. Был изучен состав этого тока с помощью компьютерной модели ИСА в среде Matlab

SymPowerSystem и на физическом макете аппарата. Компьютерная диаграмма выходного тока ИСА и осциллограмма тока приведены на рис. 1.



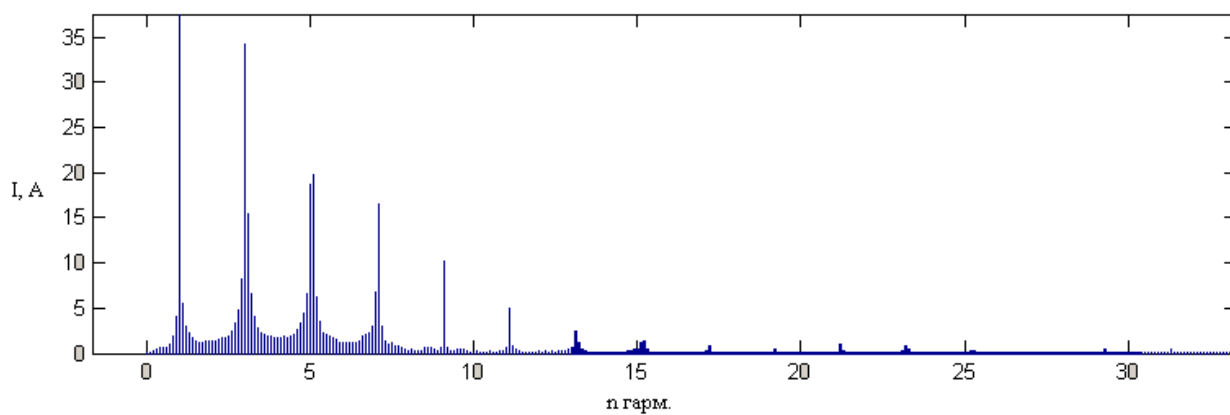
а)



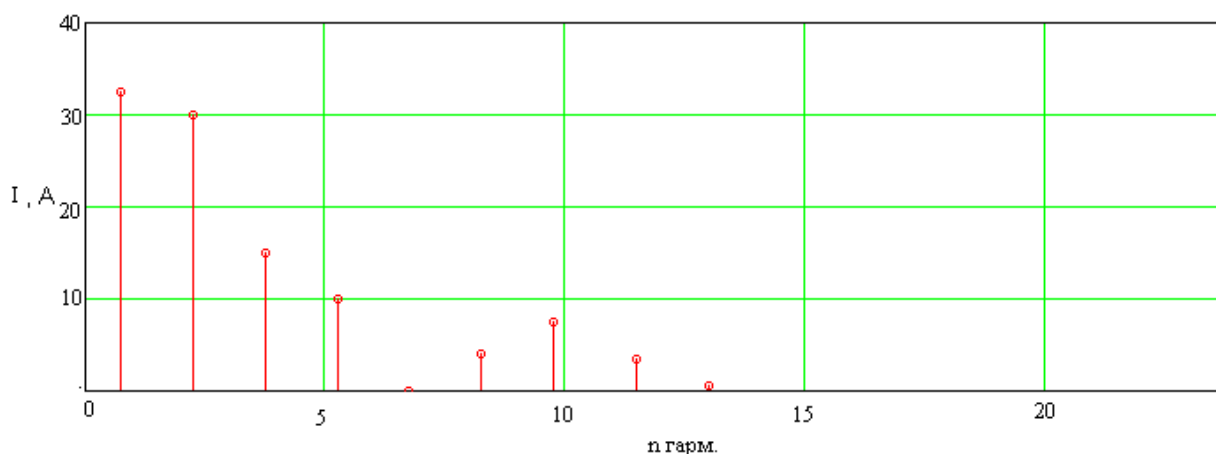
б)

Рис. 1. Компьютерная диаграмма тока (а) и осциллограмма тока (б) инвертора

На рис. 2 приведены теоретический (а) и экспериментально снятый (б) спектры выходного тока



а)



б)

Рис. 2

Измерения проводились на макете реального аппарата с помощью осциллографа АКТАКОМ АСК-2104. Данный осциллограф обладает рядом математических функций преобразования, одной из которых является быстрое преобразование Фурье (FFT) исходного сигнала.

Как по форме токов, так и по спектрам обнаружено достаточно хорошее совпадение теоретических и экспериментальных результатов.

Спектральные диаграммы дают возможность оценить как частотный состав тока, так и энергетические показатели всех спектральных составляющих. В табл. 1 приведены количественные показатели экспериментально полученного выходного спектра тока при величине нагрузочного тока $I_H=150$ А.

Табл. 1

| № гармоники | f гармоники, кГц | I гармоники, А |
|-------------|------------------|----------------|
| 1 | 30 | 32 |
| 3 | 60 | 30 |
| 5 | 90 | 15 |
| 7 | 120 | 10 |
| 9 | 150 | 0,5 |

С учетом полученных данных выходную мощность ИСА можно оценить по формуле:

$$P_{\text{вых}} = UI$$

где:

$$U = \sqrt{U_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n^2}$$

$$I = \sqrt{I_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

U_n и I_n – действующие значения гармоник напряжения и тока.

Аналогично был оценен спектр входного тока. В табл. 2 приведены количественные показатели экспериментально полученного входного спектра тока при величине нагрузочного тока $I_H=150$ А

Табл. 2

| № гармоники: | Значение, А |
|--------------|-------------|
| 1 | 2,7 |
| 2 | 2,025 |
| 3 | 1,35 |
| 4 | 1,3375 |
| 5 | 0,55 |
| 6 | 0,3375 |
| 7 | 0,27 |

Полученные количественные данные о составляющих спектра позволили оценить мощность $P_{вх}$, $P_{вых}$ и КПД ИСА переменного тока. $P_{вх}=2436,8$ Вт; $P_{вых}= 2357,2$; $\eta=0,967$.

Для проверки корректности такого метода оценки КПД были проведены измерения $P_{вх}$ и $P_{вых}$ ИСА с помощью измерителей мощности. Приборы, способные измерять истинное эффективное значение несинусоидальных сигналов переменного тока могут быть основаны на одном из трех принципов: электронного перемножения аналоговых сигналов, дискретизации и теплового преобразования. Для измерения выходной мощности ИСА был использован тепловой электроизмерительный прибор ТП-Т111, позволяющий измерять величину переменного тока с частотой от 20 Гц до 10 МГц.

При измерении выходной мощности ИСА данный прибор использовался как амперметр, измеряющий эффективное значение тока на специальном низкоомном шунте $R_{ш}$ с известным сопротивлением. В данном эксперименте $R_{ш}=0,127$ Ом. Рассеиваемая на нагрузке ИСА мощность оценивалась по формуле $P_{вых}=I_{вых.эф}^2 \cdot R_{ш}$. Входная мощность ИСА была измерена ваттметром МОТЕСН. После выполнения пяти групп измерений входных и выходных мощностей было получено усредненное значение $P_{вых}=2411$ Вт, $P_{вх}=2485$ Вт и КПД ИСА переменного тока. Оно составило $\eta=97$ %, что на 3 % превышает максимальное значение КПД, заявленное производителями ИСА постоянного тока.

Выводы.

1. Для ориентировочной оценки КПД преобразовательных устройств, в частности инверторных сварочных аппаратов можно воспользоваться данными о спектральном составе входного и выходного токов. Если компьютерная модель преобразовательного устройства достаточно корректно отображает процессы в физическом образце, то оценка величины КПД может быть достаточно точной. При наличии физического образца аппарата и измерительного анализатора гармоник можно оценить реальное значение КПД.
2. Проведенные исследования показали, что КПД сварочного инвертора переменного тока выше КПД аналогичных аппаратов для сварки на постоянном токе.

Литература.

1. Патент РФ. В. М. Бардин, Д. А. Борисов Устройство для электродуговой сварки // Патент России № 2412031, МПК В23 К9/10. 2011 Бюл. № 5.
2. Бардин В. М., Борисов Д. А. Сварочный аппарат переменного тока высокой частоты. Сварочное производство, 2011. №5, С 40 – 41.
3. Бардин В. М., Борисов Д. А. Моделирование переходных процессов в сварочном инверторе переменного тока высокой частоты. // Современная электроника, № 1, 2011. С.54 – 55.

THE SPECTRAL WAY OF ESTIMATING EFFICIENCY OF THE WELDING INVERTER

Bardin V. M., Pivkin A. V., Borisov D. A.
Mordovian N. P. Ogarev state university, Russian Federation, Saransk city
E-mail: antonyxy@gmail.com tel.: 8-(8342)-29-05-78

Annotation. One of the main indices of any inverter of electric power, including welding machines, is the coefficient of performance. Determination of efficiency in direct current or alternating current of industrial frequency presents no difficulty. However, if current form is different from sinusoidal procedure for assessing the efficiency is very difficult. On the example of the welding inverter alternating current in the form in the form of pulses that are close to rectangular and at the operating frequency of the ultrasonic range requested to evaluate the efficiency of the spectral composition of the current. Evaluated according based on computer models of the physical device and sample inverter. , Sufficiently close results-at 97%, to 3-4 per cent above the best ISA for welding with direct current. Thus shown that a preliminary assessment of the efficiency can be obtained at the initial design stage without making a physical sample.

Key words: inverter welding machine, efficiency, measurement technique.

Сведения об авторах

Бардин Вадим Михайлович
Россия, РМ, г. Саранск
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Тел. 8-(8342)-29-05-79

Окончил радиотехнический факультет Московского Энергетического Института в 1962 году, в 1979 г. защитил диссертацию на тему «Обеспечение надёжности силовых полупроводниковых преобразователей». Автор более 150 печатных работ и 15 авторских свидетельств и патентов на изобретения. В настоящее время профессор кафедры радиотехники Мордовского государственного университета.

Борисов Дмитрий Александрович
Россия, РМ, г. Саранск
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Тел. 8-(8342)-29-05-79

Окончил Институт физики и химии Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва в 2007 году с отличием. В настоящее время старший преподаватель кафедры радиотехники Мордовского государственного университета, к.т.н.

Пивкин Антон Викторович
Россия, РМ, г. Саранск
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Тел. 8-(8342)-29-05-79

Окончил Институт физики и химии Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва в 2011 году с отличием. В настоящее время аспирант кафедры радиотехники Мордовского государственного университета.