

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.31

*С. В. Болотов, В. А. Игнатов, К. В. Овсянников*

### УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

UDC 621.31

*S. V. Bolotov, V. A. Ignatov, K. V. Ovsyannikov*

### INSTALLATION FOR ELECTRIC AND THERMAL TESTING OF ARC WELDING POWER SOURCES

#### **Аннотация**

Разработана установка, позволяющая осуществлять регистрацию электрических и тепловых характеристик источников питания дуговой сварки в ходе сертификационных испытаний. Описаны состав установки и методика проведения испытаний. Приведена программная часть установки для построения вольт-амперных характеристик.

#### **Ключевые слова:**

источники питания, дуговая сварка, установка, сварочный ток, вольт-амперная характеристика, тепловые испытания, виртуальный прибор.

#### **Abstract**

The installation has been developed which performs the registration of electrical and thermal characteristics of arc welding power sources during certification tests. The installation and testing procedures are described. The software used by the installation for plotting current-voltage characteristics is given.

#### **Key words:**

power sources, arc welding, installation, welding current, current-voltage characteristic, thermal testing, virtual instrument.

Источники питания дуговой сварки подлежат подтверждению соответствия требованиям безопасности технического регламента Таможенного союза ТР ТС-004-2011 *О безопасности низковольтного оборудования* в форме сертификации. Требования к промышленным и профессиональным источникам сварочного тока, предназначенным для выполнения дуговой сварки и родственных процессов, установлены ГОСТ Р МЭК 60974-1-2012 [1].

В ходе испытаний производится оценка: защиты от поражения электри-

ческим током, требований к теплоизоляции, тепловой защиты, подключения к сети электропитания, выхода, механических средств.

Центром сертификации и испытаний ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» разработана установка, позволяющая осуществлять измерение и регистрацию электрических характеристик источников питания дуговой сварки, таких как напряжение питания  $U_1$ , потребляемая мощность  $P_1$ , ток питания  $I_1$ , напряжение холостого хода  $U_0$ , сварочный ток  $I_2$ , напряжение нагрузки  $U_2$ .

Установка дает возможность проводить тепловые испытания с целью определения максимального нагрева обмоток и внешних поверхностей источников [2].

Структурная схема установки приведена на рис. 1.

Установка получает питание от сети трёхфазного переменного напряжения 380 В, 50 Гц. Для изменения питающего источник сварочного тока напряжения применяется лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) TSGC-30k с номинальной мощностью 30 кВ·А и диапазоном регулирования выходного трёхфазного напряжения 0...430 В. ЛАТР позволяет проводить испытания для заданного в паспорте источника питания сварочной дуги диапазона питающих напряжений.

Испытуемое оборудование для дуговой сварки подключается через щиток силовой с аппаратами коммутации и защиты. Фазные напряжения питания, мощность и токи контролируются трёхфазным счётчиком активной электрической энергии СЕ301ВУ S31 с классом точности 0,5s, диапазоном измерений напряжений 172,5...264,5 В, токов 0...100 А, частоты 45,5...50,5 В. Счётчик обеспечивает передачу информации об измеренных значениях на внешние устройства по интерфейсу RS-485. Для сопряжения счётчика и электронно-вычислительной машины, осуществляющей отображение информации, используется преобразователь интерфейса USB to RS-485 ADAM-4561.

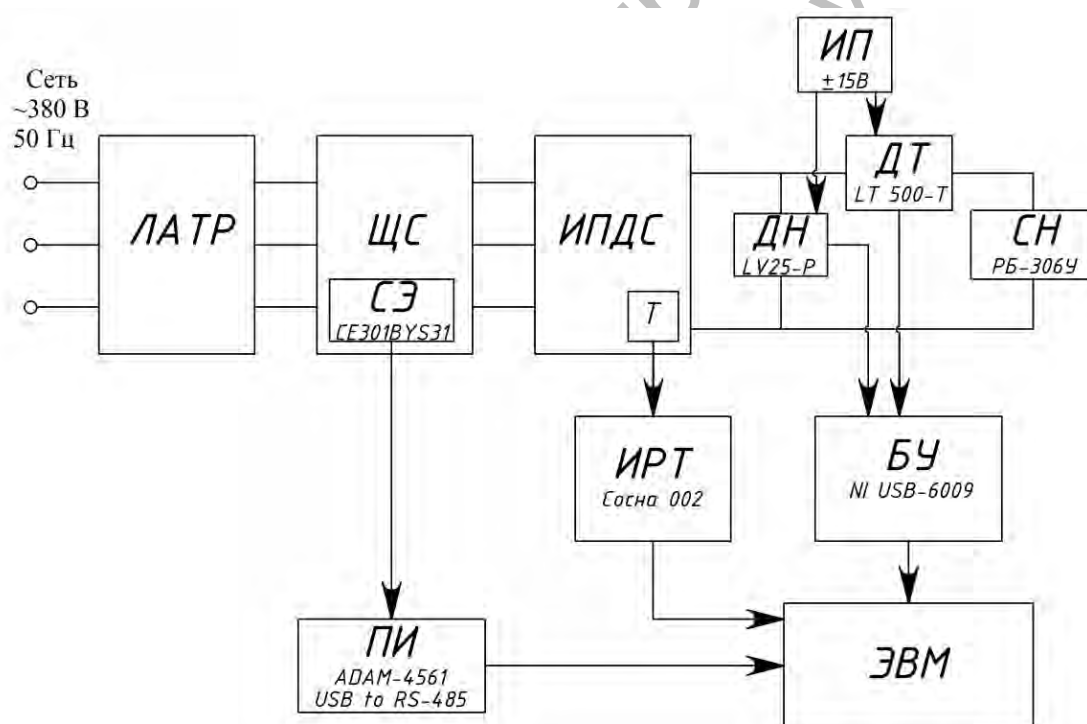


Рис. 1. Структурная схема установки: ЛАТР – лабораторный автотрансформатор; ЩС – щиток силовой; СЭ – счётчик электроэнергии; ИПДС – источник питания дуговой сварки; Т – термopара; ДН – датчик напряжения; ДТ – датчик тока; ИП – источник питания; СН – стандартная нагрузка; ИРТ – измеритель-регистратор температуры; БУ – блок управления; ПИ – преобразователь интерфейса; ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Измерение мгновенных значений сварочного тока производится датчиком тока LT 500-T с диапазоном измерений от 0 до  $\pm 500$  А и точностью преобразо-

вания  $\pm 0,3$  %. Напряжение на дуге измеряется датчиком напряжения LV25-P с диапазоном измерений от 10 до 500 В и точностью преобразования  $\pm 0,8$  %.

Датчики получают питание от стабилизированного источника ИП двухполярного напряжения  $\pm 15$  В.

Передача регистрируемых мгновенных значений тока и напряжения через токовые выходы датчиков на ЭВМ осуществляется блоком управления с устройством сбора данных NI USB-6009 [3], имеющим восемь аналоговых входов  $\pm 10$  В с разрешением 14 бит и частотой оцифровки 10 кГц на каждый задействованный канал.

Для измерения напряжения на выходе испытуемого источника и тока нагрузки может применяться вольтметр В7-58. При диапазоне измерений напряжения 0...+200 В погрешность составляет  $\pm 0,15$  %, а при диапазоне измерения постоянного тока от 0 до +200 мА

(выход датчика тока ЛТ 500-Т) погрешность не более  $\pm 1$  %.

В качестве стандартной нагрузки для сварочного источника применяются балластные реостаты РБ-306 У2, позволяющие при параллельном включении ступенчато регулировать ток нагрузки в диапазоне 6...630 А.

Для проведения тепловых испытаний источников питания дуговой сварки используются термодары Т-преобразователи термоэлектрические ТХА(К)-1199, подключаемые к измерителю-регулятору температуры СОСНА-002. Диапазон измерения температуры от минус 40 до плюс 800 °С, погрешность измерения  $\Delta = 1$  %.

Внешний вид установки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид установки: 1 – ЩС; 2 – измеритель-регулятор температуры; 3 – термопара; 4 – стойка; 5 – вольтметр; 6 – стандартная нагрузка; 7 – датчик тока; 8 – амперметр; 9 – ЛАТР; 10 – блок управления; 11 – ЭВМ

Разработанная установка позволяет на основе измеренных значений величин сварочного тока и соответствующего напряжения нагрузки осуществлять построение статических вольт-амперных характеристик (ВАХ) сварочного источника питания.

ВАХ источника питания представляет собой семейство характеристик  $U = f(I)$ , построенных для различных положений регулятора сварочного напряжения (тока) при изменении нагрузки на балластном реостате.

Программная часть установки реализована в среде графического программирования NI LabVIEW [4]. Программа представляет собой виртуальный прибор, блок-диаграмма которого приведена на рис. 3.

Сбор данных осуществляется блоком DAQ Assistant, после чего блок Amplitude and Level Measurements вы-

деляет постоянную составляющую сварочного тока и напряжения. Отображение результатов измерений производится с помощью цифровых и аналоговых индикаторов. Для построения ВАХ используется блок Build XY Graph.

На рис. 4 представлена панель виртуального прибора (диалоговое окно) программы для построения вольт-амперной характеристики источника питания дуговой сварки. С помощью аналоговых и цифровых индикаторов осуществляется отображение текущего значения сварочного тока и напряжения на дуге. Вольт-амперная характеристика строится при изменении тока от нуля (холостой ход) до максимального значения. Рабочая точка (номинальный режим работы) определяется при пересечении ВАХ источника с характеристикой нагрузки.

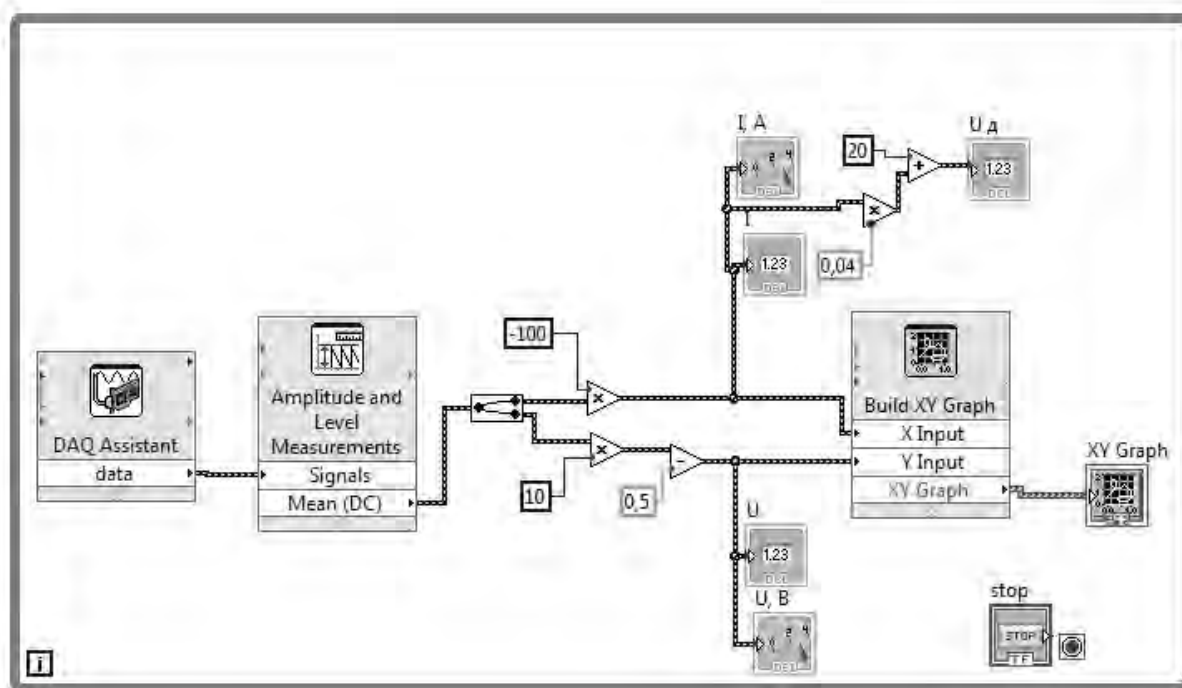


Рис. 3. Блок-диаграмма программы построения ВАХ

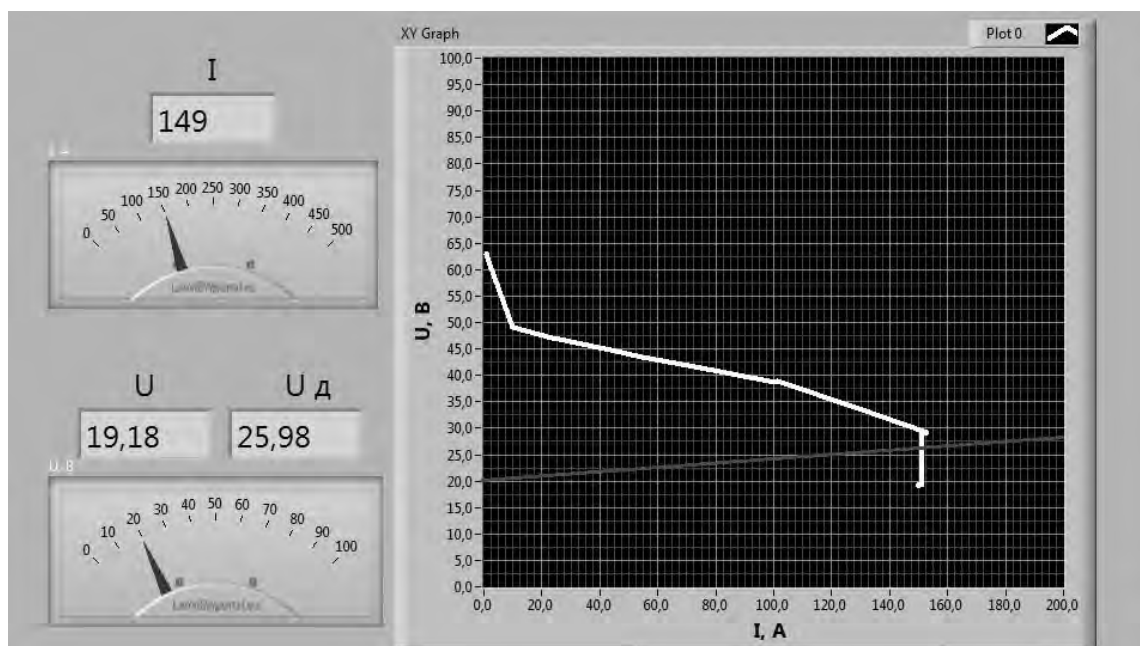


Рис. 4. Виртуальный прибор для снятия ВАХ источника питания

Например, для ручной дуговой сварки характеристика нагрузки имеет вид:

$$U = 20 + 0,04I.$$

Для измерения температуры окружающего воздуха три термоэлектрических преобразователя располагают вокруг источника питания для дуговой сварки на стойках примерно на половине высоты источника и на расстоянии 1...2 м от его поверхности. Устройства защищают от сквозняков и перегрева. Температура окружающего воздуха принимается равной среднему значению показателей трёх термомпар.

Для измерения температуры обмоток и внешних поверхностей три термоэлектрических преобразователя располагают в точках контроля, где возможна максимальная температура. Рекомендуется определять предсказуемые горячие точки с помощью предварительной проверки.

Сварочный источник питания испытывается при номинальном значении напряжения питания на постоянном токе, при времени цикла  $(10,0 \pm 0,2)$  мин:

— с номинальным сварочным током при нужном рабочем цикле 60 и (или) 100 %;

— с максимальным сварочным током при соответствующем рабочем цикле.

Тепловые испытания проводятся до тех пор, пока величина температурного скачка на испытуемом элементе не будет превышать 2 К/ч за период не менее 60 мин. В течение последних 60 мин тепловых испытаний должны соблюдаться следующие допуски: напряжение нагрузки – от +10 до –2 %, сварочный ток – от +10 до –2 %; напряжение питания –  $\pm 5$  %, температура – от +10 до –2 К относительно температуры окружающей среды.

Пределы превышения температуры обмоток над температурой окружающей среды не должны быть больше значений, приведенных в табл. 1. Если испытание на нагрев производится при температуре, отличной от 40 °С, то значение измеренной температуры должно быть откорректировано путём добавления разности между значением 40 °С и температурой окружающей воздуха.

Превышение температуры в от-  
ношении внешних поверхностей не

должно быть больше значений, пред-  
ставленных в табл. 2.

Табл. 1. Пределы превышения температуры для обмоток

Класс изоляции	Максимальная температура, °С	Предел превышения температуры, °С
A (105)	140	55
E (120)	155	70
B (130)	165	75
F (155)	190	95
H (180)	220	115
N (200)	235	130
R (220)	250	150

Табл. 2. Пределы превышения температуры для наружных поверхностей

Класс изоляции	Предел превышения температуры, °С	Предельное значение продолжительности контакта, с
Металлические корпуса без покрытия	25	1
Металлические корпуса с лакокрасочным покрытием	35	1
Пластмассовые корпуса	45	1
Металлические кнопки без покрытия	18	4
Металлические кнопки с лакокрасочным покрытием	22	4
Пластмассовые кнопки	35	4
Металлические ручки	10	60
Пластмассовые ручки	20	60

Разработанная установка используется при проведении сертификационных испытаний источников питания для дуговой сварки и аттестована в Могилевском центре стандартизации и метрологии.

Установка может применяться для проверки соответствия технических характеристик сварочного оборудования требованиям паспортов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р МЭК 60974-1-2012. Оборудование для дуговой сварки. Ч. 1 : Источники сварочного тока. – М. : Стандартинформ, 2014. – 85 с.
2. Болотов, С. В. Установка для испытаний источников питания дуговой сварки / С. В. Болотов, А. М. Белягов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2014. – С. 178–179.

3. Руководство пользователя и технические характеристики USB-6008/6009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // www.labview.ru/products/docs/NI%20USB%206008.pdf](http://www.labview.ru/products/docs/NI%20USB%206008.pdf). – Дата доступа : 20.05.2016.

4. **Евдокимов, Ю. К.** LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. И. Щербаков. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

*Статья сдана в редакцию 11 июня 2016 года*

**Сергей Владимирович Болотов**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-296-99-31-56.

**Валентин Александрович Игнатов**, магистрант, Белорусско-Российский университет.

**Константин Валерьевич Овсянников**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

**Sergey Vladimirovich Bolotov**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Phone: +375-296-99-31-56.

**Valentin Aleksandrovich Ignatov**, MSc student, Belarusian-Russian University.

**Konstantin Valeryevich Ovsyannikov**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.