ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

# ПРИБОРЫ РЕНТГЕНОВСКИЕ

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

## ГОСТ 22091.4—86

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.386.2.001.4:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

# ПРИБОРЫ РЕНТГЕНОВСКИЕ

## Методы измерения напряжения рентгеновской трубки

X-Ray devices. The methods of measuring of the valtage of X-Ray tube

ГОСТ 22091.4—86

Взамен ГОСТ 21817.2—76, ГОСТ 22091.4—76

ОКП 63 6600

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28 февраля 1986 г. № 456 срок действия установлен

с 01.01.87

~~до 01.01.92~~

ИУС 1-92

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на рентгеновские трубки и устанавливает следующие методы измерения напряжения рентгеновской трубки (для имплуьсных рентгеновских трубок — напряжения анода):

метод измерения постоянного напряжения микроамперметром с добавочным резистором;

метод измерения постоянного напряжения киловольтметром;

метод измерения постоянного, переменного и пульсирующего напряжения вольтметром с делителем напряжения;

метод измерения переменного, пульсирующего и постоянного напряжения вольтметром, включенным в первичную обмотку высоковольтного трансформатора источника напряжения рентгеновской трубки.

Общие требования к измерению и требования безопасности— по ГОСТ 22091.0—84.

Стандарт соответствует публикации МЭК 52 в части метода измерения напряжения шаровым измерительным разрядником.

## 1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ МИКРОАМПЕРМЕТРОМ С ДОБАВОЧНЫМ РЕЗИСТОРОМ

1.1. Аппаратура

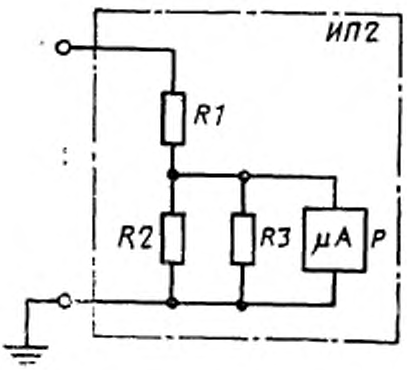
1.1.1. Измерения следует проводить на установках, электрические схемы которых должны соответствовать схемам подключе-

Издание официальное Перепечатка воспрещена

★

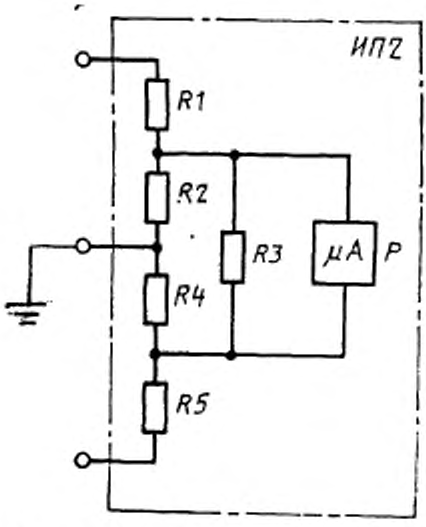
© Издательство стандартов, 1986

ния рентгеновских трубок, приведенным в ГОСТ 22091.0—84, при этом функциональная электрическая схема измерителя напряжения ИП2, приведенная на черт. 1, должна соответствовать ГОСТ 22091.0—84 (обязательное приложение 1, 3, 4, 5), а приведенная на черт. 2 — ГОСТ 22091.0—84 (обязательное приложение 2)




*R1*—добавочный резистор; *R2*—защитный резистор; *R3*—шунтирующий резистор; *P*—микроамперметр

Черт. 1




*R1, R5* — добавочные резисторы; *R2, R4*—защитные резисторы; *R3*—шунтирующий резистор; *P*—микроамперметр

Черт. 2

1.1.2. Аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ 22091.0—84 и настоящего раздела.

1.1.3. Сопротивления резисторов измерителя напряжения должны удовлетворять следующим требованиям:

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 1:

$$50 \cdot \frac{R_{пр} \cdot R_3}{R_{пр} + R_3} \leqslant R_2;$$

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 2:

$$50 \cdot \frac{R_{пр} \cdot R_3}{R_{пр} + R_3} \leqslant R_2 + R_4;\ 0{,}8 \leqslant \frac{R_1}{R_5} \leqslant 1{,}2;\ 0{,}8 \leqslant \frac{R_2}{R_4} \leqslant 1{,}2,$$

где $R_{пр}$ — внутреннее сопротивление микроамперметра, Ом;

$R_1, \ldots, R_5$ — сопротивления резисторов, Ом.

Сопротивления должны быть выбраны с погрешностью, %, в пределах:

±6 — для добавочных резисторов;

±10 — для защитных резисторов;

±2 — для шунтирующих резисторов.

1.2. Подготовка и проведение измерений

1.2.1. Измерительную установку подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

1.2.2. Режим работы рентгеновской трубки устанавливают в соответствии с техническими условиями (ТУ) на трубки конкретных типов.

1.2.3. Измеряют ток.

1.3. Обработка результатов

1.3.1. Напряжение рентгеновской трубки следует определять: для измерителя напряжения, приведенного на черт. 1, по формуле

$$U=I_{пр}\left(1+\frac{R_{пр}}{R_2}+\frac{R_{пр}}{R_3}\right)\left(R_1+\frac{1}{\frac{1}{R_{пр}}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}\right);$$

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 2, по формуле

$$U=I_{пр}\left(1+\frac{R_{пр}}{R_2+R_4}+\frac{R_{пр}}{R_3}\right)\left(R_1+R_5+\frac{1}{\frac{1}{R_{пр}}+\frac{1}{R_2+R_4}+\frac{1}{R_3}}\right),$$

где $I_{пр}$ — измеренное значение тока, А;

$U$ — напряжение рентгеновской трубки, В.

1.4. Показатели точности измерений

1.4.1. Погрешность измерения напряжения рентгеновской трубки находится в интервале ±8 % (с 01.01.88 ±5 %) с установленной вероятностью $P=0{,}95$.

## 2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ КИЛОВОЛЬТМЕТРОМ

2.1. Аппаратура

2.1.1. Измерение следует проводить на установках, электрические схемы которых должны соответствовать схемам подключения рентгеновских трубок, приведенным в ГОСТ 22091.0—84 (обязательные приложения 1, 3, 4, 5) при этом в качестве измерителя напряжения ИП2 применяют киловольтметр.

2.1.2. Аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ 22091.0—84.

2.2. Подготовка и проведение измерений

2.2.1. Подготовка к измерениям должна соответствовать требованиям пп. 1.2.1 и 1.2.2.

2.2.2. Измеряют напряжение рентгеновской трубки.

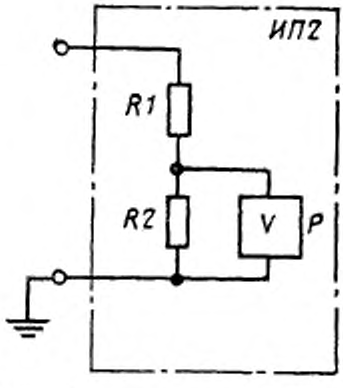
2.3. Показатели точности измерений

2.3.1. Погрешность измерения напряжения рентгеновской трубки находится в интервале ±8 % (с 01.01.88 ±5 %) с установленной вероятностью $P = 0{,}95$.

## 3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ПЕРЕМЕННОГО И ПУЛЬСИРУЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРОМ С ДЕЛИТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

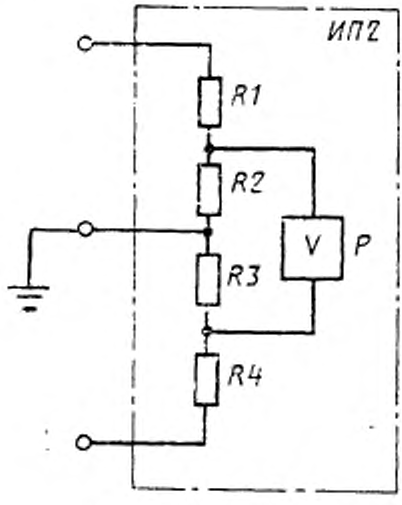
3.1. Аппаратура

3.1.1. Измерение следует проводить на установках, электрические схемы которых должны соответствовать схемам подключения рентгеновских трубок, приведенным в ГОСТ 22091.0—84, при этом функциональная электрическая схема измерителя напряжения *ИП2*, приведенная на черт. 3, должна соответствовать ГОСТ 22091.0—84 (обязательные приложения 1, 3, 4, 5), а приведенная на черт. 4 — ГОСТ 22091.0—84 (обязательное приложение 2).




*R1*, *R2*—резисторы делителя; *P*—вольтметр

Черт. 3




*R1* . . . *R4*—резисторы делителя; *P*—вольтметр

Черт. 4

3.1.2. Аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ 22091.0—84 и настоящего раздела.

3.1.3. Сопротивления резисторов делителя должны отвечать следующим требованиям:

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 3:

$$50R_2 \leqslant R_{пр};$$

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 4:

$$50(R_2+R_3) \leqslant R_{пр};$$

$$0{,}9 \leqslant \frac{R_1}{R_4} \leqslant 1{,}1;$$

$$0{,}9 \leqslant \frac{R_2}{R_3} \leqslant 1{,}1,$$

где $R_{пр}$ — внутреннее сопротивление вольтметра, Ом;
$R_1$, ..., $R_4$ — сопротивление резисторов, Ом.

Реактивные составляющие сопротивлений резисторов во всей области рабочих частот не должны превышать 10 % их активной составляющей.

Сопротивления резисторов должны быть выбраны с погрешностью, %, в пределах:

±6 — для резисторов *R1* и *R4*;

±2 — для резисторов *R2* и *R3*.

3.1.4. Для измерения постоянного напряжения рентгеновской трубки следует применять вольтметр постоянного тока; для измерения переменного и пульсирующего напряжения — амплитудный вольтметр.

Погрешность измерения амплитудного вольтметра не должна выходить за пределы:

±6 % — при измерении напряжений продолжительностью включения не менее 2 с;

±8 % — при измерении напряжений продолжительностью включения менее 2 с.

Допускается для измерения постоянного напряжения применять амплитудный вольтметр при условии выполнения требований, установленных в п. 1.4.1.

3.2. Подготовка и проведение измерений

3.2.1. Измерительную установку подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на установку.

3.2.2. Устанавливают режим работы рентгеновской трубки, соответствующий указанному в ТУ на трубки конкретных типов.

3.2.3. Измеряют напряжение на выходе делителя.

3.3. Обработка результатов

3.3.1. Напряжение рентгеновской трубки следует определять: для измерителя напряжения, приведенного на черт. 3, по формуле

$$V=\left(\frac{R_1}{R_2}+\frac{R_1}{R_{пр}}+1\right)\cdot V_{пр};$$

для измерителя напряжения, приведенного на черт. 4, по формуле

$$V=\left(\frac{R_1+R_4}{R_2+R_3}+\frac{R_1+R_4}{R_{пр}}+1\right)\cdot V_{пр},$$

где $V_{пр}$ — напряжение на выходе делителя, В.

3.4. Показатели точности измерений

3.4.1. Погрешность измерения напряжения рентгеновской трубки с установленной вероятностью $P=0{,}95$ находится в интервале:

для постоянного напряжения ±8 % (с 01.01.88 ±5 %);

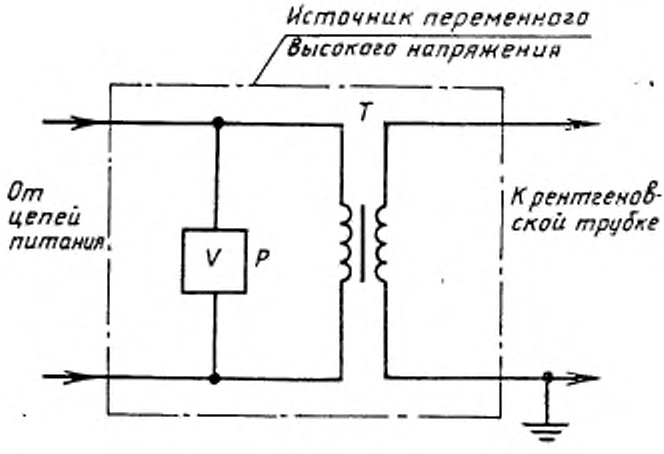
для переменного и пульсирующего напряжения продолжительностью включения не менее 2 с ±9 % (с 01.01.88 ±5 %);

для переменного и пульсирующего напряжения продолжительностью включения менее 2 с ±10 % (с 01.01.88 ±8 %).

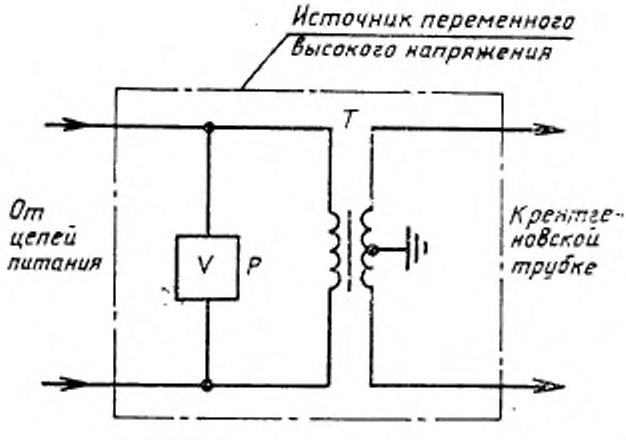
## 4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО, ПУЛЬСИРУЮЩЕГО И ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРОМ, ВКЛЮЧЕННЫМ В ПЕРВИЧНУЮ ОБМОТКУ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

4.1. Аппаратура

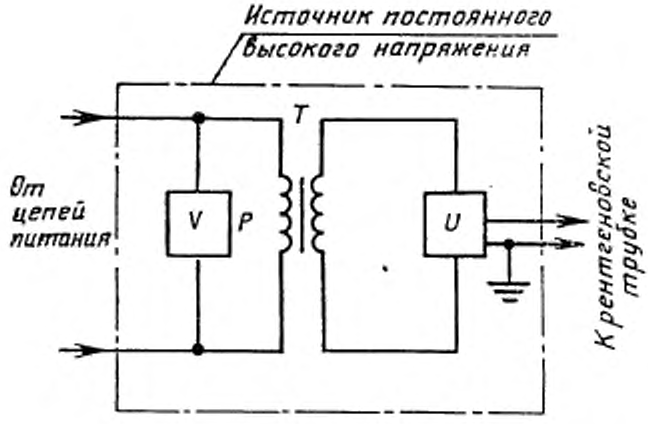
4.1.1. Измерения следует проводить на установках, электрические схемы которых должны соответствовать схемам подключения рентгеновских трубок, приведенным в ГОСТ 22091.0—84 (обязательные приложения 1, 2, 3), при этом функциональная электрическая схема подключения вольтметра должна соответствовать черт. 5—8.



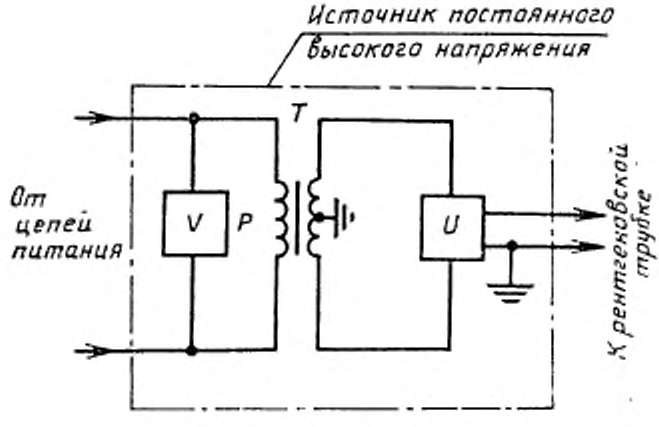

Черт. 5




Черт. 6




Черт. 7




Черт. 8

Примечание к черт. 5—8. *T* — высоковольтный трансформатор; *U* — выпрямитель; *P* — вольтметр

4.1.2. Аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ 22091.0—84 и настоящего раздела.

4.1.3. Вольтметр должен быть проградуирован в соответствии с требованиями, установленными в обязательном приложении 1.

4.1.4. Изменение выходного напряжения источника высокого напряжения при заданных напряжении на первичной обмотке высоковольтного трансформатора и токе рентгеновской трубки не должно выходить за пределы ±6 %.

4.2. Подготовка и проведение измерений

4.2.1. Измерительную установку подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

4.2.2. Режим работы рентгеновской трубки устанавливают в соответствии с ТУ на трубки конкретных типов.

4.2.3. Измеряют напряжение на первичной обмотке высоковольтного трансформатора.

4.2.4. По градуировочному графику, построенному в соответствии с указаниями, приведенными в обязательном приложении 1, определяют значение напряжения рентгеновской трубки.

4.3. Показатели точности измерений

4.3.1. Погрешность измерения напряжения рентгеновской трубки находится в интервале с установленной вероятностью $P=0,95$:

$\pm 9$ % — при продолжительности включения напряжения не менее 2 с;

$\pm 10$ % — при продолжительности включения напряжения менее 2 с.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Обязательное*

## ГРАДУИРОВКА ВОЛЬТМЕТРА, ВКЛЮЧЕННОГО В ПЕРВИЧНУЮ ОБМОТКУ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

1. Измерительную установку подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на установку.

2. Режим работы рентгеновской трубки устанавливают в соответствии с ТУ на трубки конкретных типов.

3. Вольтметром измеряют напряжение на первичной обмотке высоковольтного трансформатора и соответствующее ему напряжение рентгеновской трубки методом, приведенным в справочном приложении 2.

4. Строят градуировочные графики зависимости напряжения рентгеновской трубки от напряжения на первичной обмотке высоковольтного трансформатора для значений токов рентгеновской трубки, установленных в ТУ на трубки конкретных типов.

Среднее квадратическое отклонение погрешности построения градуировочного графика $\sigma_г$ должно быть не более 2 % и вычисляться по формуле

$$\sigma_г = \pm \frac{1}{U} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}{n}}$$

где $\Delta_i$ — отклонение по вертикали $i$-й экспериментальной точки от построенной кривой, кВ;

$n$ — количество экспериментальных точек;

$U$ — значение напряжения, для которого определяется погрешность, кВ.

Градуировочный график должен быть выполнен так, чтобы погрешность считывания информации с графика была не более 1 % и вычислялась по формуле

$$\delta_с = \pm \frac{0{,}25}{U} \cdot 100\,\%,$$

где $U$ — значение напряжения, считываемое с графика, в делениях масштабной сетки.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО, ПУЛЬСИРУЮЩЕГО И ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ШАРОВЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ РАЗРЯДНИКОМ

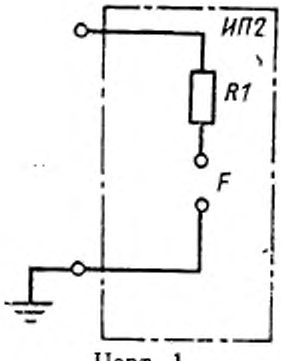
1. Аппаратура

1.1. Измерения следует проводить на установках, электрические схемы которых должны соответствовать схемам подключения рентгеновских трубок, приведенным в ГОСТ 22091.0—84, при этом функциональные электрические схемы измерителей *ИП2* должны соответствовать:

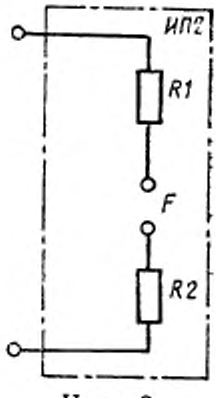
при измерении постоянного и пульсирующего напряжения — черт. 1 (ГОСТ 22091.0—84, обязательные приложения 1, 3) и черт. 2 (ГОСТ 22091.0—84, обязательное приложение 2);

при измерении положительной полуволны переменного напряжения — черт. 3 (ГОСТ 22091.0—84, обязательное приложение 1), черт. 4 (ГОСТ 22091.0—84, обязательное приложение 3), черт. 5 (ГОСТ 22091.0—84, обязательное приложение 2).

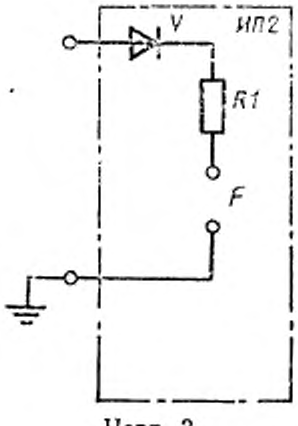
При измерении отрицательной полуволны переменного напряжения в измерителях напряжения (черт. 1—5) вентиль должен быть включен в обратном направлении.



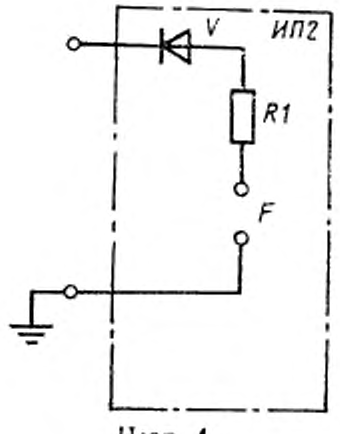

Черт. 1



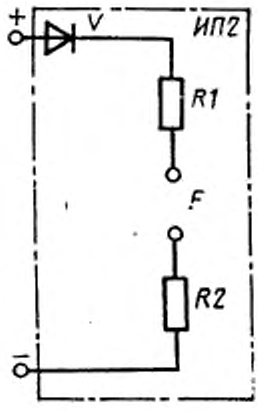

Черт. 2




Черт. 3




Черт. 4




Черт. 5

Примечание к черт. 1—5

*V* — вентиль; *R1*, *R2* — ограничительные резисторы;

*F* — шаровой измерительный разрядник

1.2. Аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ 22091.0—84 и настоящего раздела.

1.3. Шаровые измерительные разрядники должны быть вертикального или горизонтального типов с шарами диаметром 12,5 и 25 см.

Шары измерительных разрядников должны быть изготовлены из меди или латуни. Допускается изготовление шаров, у которых только часть поверхности в местах возникновения разрядов выполнена из меди или латуни. Поверхность шаров должна быть чистой и сухой и очищенной от лаков, смазки и других защитных покрытий.

Шаровой измерительный разрядник должен иметь устройство перемещения одного из шаров. Скорость уменьшения расстояния между шарами должна быть не более 2 мм/с.

Значения разрядных напряжений в зависимости от расстояния между поверхностями шаров приведены в таблице.

Расстояние от окружающих предметов до точки пересечения поверхности высокопотенциального шара измерительного разрядника с осью симметрии, проходящей через оба шара, должно быть больше расстояния между шарами в момент пробоя (далее — разрядное расстояние) не менее чем в 12 раз для шаров диаметром 12,5 см и в 10 раз — для шаров диаметром 25 см.

Расстояние от точки пересечения поверхности высокопотенциального шара с осью симметрии, проходящей через оба шара, до токопроводящих частей окружающих предметов должно быть не менее двух диаметров шаров независимо от расстояния между ними, а до изоляционных конструкций — не менее 1,6 диаметра шара.

1.4. Сопротивления ограничительных резисторов для схем, приведенных на черт. 1, 3, 4, должны быть:

не более 5 Ом на 1 В измеряемого напряжения — при использовании шарового измерительного разрядника с шарами диаметром 12,5 см;

не более 3 Ом на 1 В измеряемого напряжения — при использовании шарового измерительного разрядника с шарами диаметром 25 см.

Для схем, приведенных на черт. 2, 5 сумма сопротивлений ограничительных резисторов должна соответствовать требованиям данного пункта и должно выполняться неравенство

$$0{,}8 \leqslant \frac{R_1}{R_2} \leqslant 1{,}2.$$

1.5. Вентиль должен сохранять технические характеристики при воздействии обратного напряжения и импульсов тока, возникающих при разряде.

2. Подготовка и проведение измерений

2.1. Измерительную установку подготавливают к работе в соответствии с с эксплуатационной документацией на установку.

2.2. Между шарами устанавливают расстояние, превышающее разрядное расстояние.

2.3. Режим работы рентгеновской трубки устанавливают, соответствующий указанному в ТУ на трубки конкретных типов.

2.4. Шары сближают до возникновения между ними разряда.

2.5. Регистрируют разрядное расстояние.

2.6. Проводят не менее трех разрядов между шарами с интервалом не менее 60 с.

Вычисляют среднее арифметическое значение разрядных расстояний.

Значения разрядных расстояний должны быть в пределах ±3 %.

среднего арифметического значения. Если это условие не будет соблюдено, следует произвести еще три разряда.

2.7. По таблице определяют соответствующее разрядное напряжение.

3. Обработка результатов

3.1. Напряжение рентгеновской трубки $U$, кВ, следует определять по формуле

$$U=U_{\text{р}}\cdot\frac{K\cdot P}{T},$$

где $U_{\text{р}}$ — разрядное напряжение, кВ;

$P$ — атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.);

$T$ — температура воздуха, К;

$K$ — коэффициент, даный

$$2{,}89\frac{\text{К}}{\text{кПа}}\left(0{,}386\frac{\text{К}}{\text{мм рт. ст.}}\right).$$

4. Показатели точности измерений

4.1. Погрешность измерения переменного, пульсирующего и постоянного напряжения рентгеновской трубки находится в интервале ±5 % с установленной вероятностью $P=0{,}95$.

**Разрядные напряжения шаровых измерительных разрядников для нормальных атмосферных условий — давление $P_0 = 101{,}3$ кПа (760 мм рт. ст.), температура окружающего воздуха 293 К (20 °С)**

| Расстояние между шарами, см | Разрядное напряжение, кВ, для | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Шаров диаметром 12,5 см | | шаров диаметром 25 см | |
| | черт. 1, 3, 4 | черт. 2, 5 | черт. 1, 3, 4 | черт. 2, 5 |
| 0,5 | 16,8 | 16,8 | | |
| 0,6 | 19,9 | 19,9 | | |
| 0,7 | 23,0 | 23,0 | | |
| 0,8 | 26,0 | 26,0 | | |
| 0,9 | 28,9 | 28,9 | | |
| 1,0 | 31,7 | 31,7 | 31,7 | 31,7 |
| 1,2 | 37,4 | 37,4 | 37,4 | 37,4 |
| 1,4 | 42,9 | 42,9 | 42,9 | 42,9 |
| 1,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 |
| 1,6 | 48,1 | 48,2 | 48,1 | 48,1 |
| 1,8 | 53,5 | 53,7 | 53,5 | 53,5 |
| 2,0 | 59,0 | 59,4 | 59,0 | 59,0 |
| 2,2 | 64,5 | 65,0 | 64,5 | 64,5 |
| 2,4 | 70,0 | 70,5 | 70,0 | 70,0 |
| 2,6 | 75,0 | 75,6 | 75,5 | 75,5 |
| 2,8 | 80,0 | 80,6 | 81,0 | 81,0 |
| 3,0 | 85,0 | 85,7 | 86,0 | 86,0 |
| 3,5 | 97,0 | 98,2 | 99,0 | 99,0 |
| 4,0 | 108,0 | 110,0 | 112,0 | 113,0 |
| 4,5 | 119,0 | 121,0 | 125,0 | 126,0 |
| 5,0 | 129,0 | 132,0 | 137,0 | 138,0 |
| 5,5 | 138,0 | 142,0 | 149,0 | 150,0 |
| 6,0 | 146,0 | 152,0 | 161,0 | 162,0 |
| 6,5 | 154,0 | 161,0 | 173,0 | 174,0 |
| 7,0 | 161,0 | 170,0 | 184,0 | 185,0 |
| 7,5 | 168,0 | 179,0 | 195,0 | 196,0 |
| 8,0 | 174,0 | 187,0 | 206,0 | 207,0 |
| 9,0 | 185,0 | 203,0 | 226,0 | 229,0 |
| 10,0 | 195,0 | 217,0 | 244,0 | 248,0 |
| 11,0 | | 229,0 | 261,0 | 267,0 |
| 12,0 | | 241,0 | 275,0 | 286,0 |
| 13,0 | | | 289,0 | 303,0 |
| 14,0 | | | 302,0 | 320,0 |
| 15,0 | | | 314,0 | 336,0 |
| 16,0 | | | 326,0 | 352,0 |
| 17,0 | | | 337,0 | 367,0 |
| 18,0 | | | 347,0 | 381,0 |
| 19,0 | | | 357,0 | 394,0 |
| 20,0 | | | 366,0 | 407,0 |
| 22,0 | | | | 431,0 |
| 24,0 | | | | 452,0 |

gost.e-ecolog.ru