



Авторы:

д. т. н. Григорьев В.А.,
Милохин В.Е.,
к. т. н. Михайлов Б.В.,
ООО «НПП «ПРОЭЛ»,
г. Санкт-Петербург, Россия

УДК 621.316.93

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДУГОВЫХ ЗАЩИТ

SENSITIVITY OF OPTOELECTRONIC ARC PROTECTION DEVICES

Аннотация: дано определение чувствительности оптоэлектронных устройств дуговой защиты. Проведен анализ спектральных характеристик излучения дугового разряда и спектральной зависимости токовой чувствительности кремниевых фотодиодов.

Приведена процедура измерения чувствительности устройств в видимом диапазоне излучения. Сделан вывод о целесообразности измерения чувствительности в спектральном диапазоне токовой чувствительности фотоприемников УДЗ в энергетических единицах измерения.

Ключевые слова: чувствительность, устройство дуговой защиты, излучение дуги, токовая чувствительность, кремниевый фотодиод, энергетические единицы измерения.

V.A. Grigoryev,
V.E. Milokhin,
B.V. Mikhaylov
PROEL Ltd,
St. Petersburg, Russia.

Abstract:

sensitivity determination of optoelectronic arc protection devices is given.

Analysis of spectral characteristics of the arc radiation and current sensitivity of silicon photodiodes is carried out. Procedure of the sensitivity measurement of the devices in the visible range of the radiation is brought. The conclusion is made about the expediency of the sensitivity measurement in the spectral range of the current sensitivity of arc protection photo receivers using by radiometric units of measurement.

Keywords:

sensitivity, arc protection device, arc radiation, current sensitivity, silicon photodiode, radiometric units of measurement.

Основной характеристикой оптоэлектронных дуговых защит является пороговое значение освещенности в точке съема информации, т. е. в зоне появления дугового разряда. Освещенность – это поток излучения, идущий от источника и падающий на единицу площади освещаемой поверхности. Пороговое значение освещенности, регистрируемое устройством, называется чувствительностью.

Дуговой столб или, как обычно ее называют «дуга» – это низкотемпературная плазма: смесь атомов, ионов, молекул, а также продуктов синтеза, имеющего место в плазме. Спектральный диапазон излучения достаточно широк: от ультрафиолета (доли мкм) до дальнего ИК (единицы мкм). Вид спектра излучения дуги зависит от ряда составляющих: материала электродов, степени загрязнения, температуры плазмы. Спектр дуги можно представить в виде суперпозиции непрерывного и линейчатого спектров.

Любой фотоприемник излучения можно описать функцией преобразования (токовой чувствительностью):

$$R_{\lambda} = f(\lambda) = [A/Вт],$$

где [A/Вт] – размерность в системе СИ.

Спектральные зависимости токовой чувствительности для фотодиодов из различных полупроводниковых материалов могут сильно отличаться друг от друга, демонстрируя свои максимальные значения в различных частях спектра.

Одним из главных параметров излучения является поток излучения, который определяется энергией излучения, переносимой в единицу времени. Добавление соответствующих нижних индексов в обозначении потока излучения

(Ф) позволяет определять этот параметр или как энергетический, или как световой поток. В данном контексте «световой» означает размерность в световых или, как их более правильно называют, фотометрических единицах.

Энергетический световой поток измеряется в ваттах, световой поток, – в люменах:

$$\Phi_e = [Вт]; \quad \Phi_v = [лм].$$

В 19 веке Международная Комиссия по Освещенности ввела понятие относительной спектральной эффективности V_{λ} , известной под названием «функции видности» стандартного наблюдателя» или «кривой МКО» (рис.1).

Эта функция является усредненным спектром пропускания человеческого глаза. Таким образом, излучение любого источника, выраженное в световых единицах, получается путем пропускания энергетического потока излучения источника через фильтр V_{λ} :

$$\Phi_v = 680 [лм / Вт] \times \int_0^{\infty} (d\Phi_e / d\lambda) \times V_{\lambda} \times d\lambda,$$

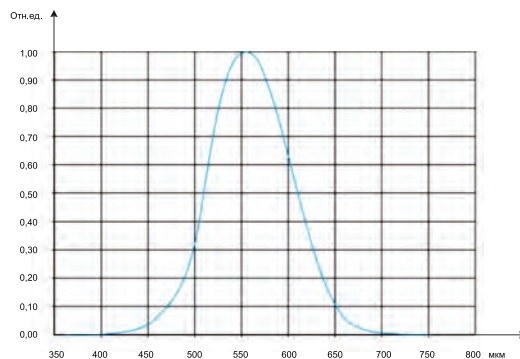


Рис. 1. Кривая МКО



Григорьев Валерий Анатольевич

Дата рождения: 24.11.1951 г. В 1975 г. окончил Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) по специальности «Полупроводники и диэлектрики». Доктор технических наук, Директор по научной работе ООО НПП «ПРОЭЛ»



Милохин Валерий Евгеньевич

Дата рождения: 24.01.1952г. В 1978 г. окончил Ленинградский электротехнический институт связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Технический директор ООО НПП «ПРОЭЛ».

где $d\Phi_e/d\lambda$ – спектральная плотность энергетического потока излучения источника света. Собственно так и работают люксметры – приборы для измерения светового потока.

Световые единицы легко преобразовать в энергетические с помощью световой эффективности η – отношения светового потока к энергетическому:

$$\eta_v = \Phi_v / \Phi_e$$

Для зеленого цвета ($\lambda = 550$ нм) $\eta_v = 680$ лм/Вт, для красного ($\lambda = 655$ нм) $\eta_v = 60$ лм/Вт. Наибольшая чувствительность у человеческого глаза к зеленому цвету.

Чрезвычайно широкий спектр излучения дугового разряда, включающий видимый диапазон, позволяет рассматривать измерение в фотометрических единицах, как один из вариантов при определении чувствительности устройств дуговой защиты.

В этом случае чувствительность устройства является по своей сути световой освещенностью в точке съема информации и измеряется в люксах (лк), где

$$1 \text{ лк} = 1 \text{ лм} / \text{м}^2.$$

Освещенность от дуги на расстоянии 7 м при токах КЗ 20-30 кА достигает величины порядка 9000 лк, тогда на расстоянии 0,5 м она составит величину порядка 1,8 Млк!

В случае применения световых единиц при измерении чувствительности УДЗ необходимо, чтобы спектральная зависимость токовой чувствительности применяемого фотоприемника захватывала видимый диапазон спектра излучения дугового разряда.

Существует достаточно большое количество источников излучения, которые могут выступать в качестве меры, т. е. задающего устройства с известным световым потоком излучения в люменах. Так вакуумная лампа накаливания мощностью 60 Вт создает, как точечный источник света, и излучает в полном телесном угле 4π стерadian поток 700 – 760 лм. Тогда на расстоянии $r = 1$ м освещенность от лампы составит величину $760/4\pi r^2 \cong 60$ лк, на расстоянии 0,5 м порядка 240 лк.

В этом случае процедура измерения чувствительности УДЗ может проводиться по схеме, представленной на рис. 2.

Первоначально определяется максимальное расстояние, на котором еще возможно срабатывание УДЗ (рис.2а). Далее с помощью люксметра 5 определяется значение освещенности (рис.2б). Важно отметить наличие после источника 1 светофильтра с полосой пропускания в видимом диапазоне длин волн излучения (0,4–0,75 мкм). В противном случае полученные результаты нельзя было бы признать корректными. Коэффициент световой эффективности тех же ламп накаливания не превышает 3 процентов. Львиная доля светового потока ламп накаливания распределена в ближнем и дальнем ИК-диапазоне. Кремниевые ПИН-фотодиоды, являющиеся основой фотоприемных устройств большинства оптоэлектронных УДЗ, имеют максимальное значение токовой чувствительности в области длин волн 0,8-0,9 мкм ближнего ИК-диапазона. Этими обстоятельствами и продиктовано выделение видимого диапазона из спектра излучения источника,

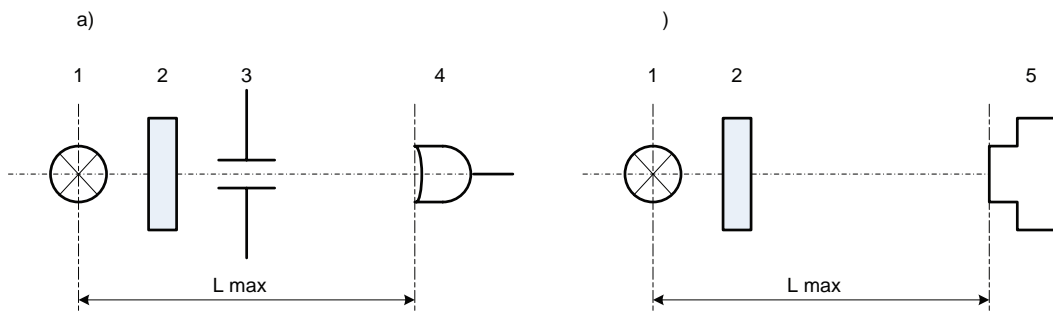


Рис. 2. Определение чувствительности УДЗ
 а) – определение максимального расстояния срабатывания УДЗ;
 б) – измерение освещенности с помощью люксметра;
 1 – источник света,
 2 – светофильтр,
 3 – затвор с диафрагмой,
 4 – датчик УДЗ,
 5 – люксметр



**Михайлов
Борис Викторович**

Дата рождения: 09.10.1958 г.
В 1980 г. окончил Ленинградский электротехнический институт связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.
Кандидат технических наук, Генеральный директор ООО НПП «ПРОЭЛ».

применяемого в процедуре измерения чувствительности УДЗ.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время не существует ни ГОСТа, ни технического регламента, предписывающего процедуру определения основного параметра оптоэлектронных УДЗ, – их чувствительности. Можно лишь догадываться, как тот или иной производитель устройств определяет этот параметр.

Из выше изложенного следует также, что в подавляющем большинстве случаев оценка чувствительности в люксах, т. е. в видимом диапазоне, не отражает в полной мере реальной чувствительности УДЗ, которая, как правило, выше.

В качестве наглядного примера здесь можно привести чувствительность УДЗ семейства «ОВОД». В последнее время в этих оптоволоконных устройствах применяются фотодиоды со спектральным диапазоном токовой чувствительности 0,84–1,1 мкм при пиковом значении на длине волны 0,94 мкм. Устройства обладают высокой

чувствительностью и срабатывают от вспышки света обычной зажигалки, расположенной в непосредственной близости от линзы волоконно-оптического датчика УДЗ. Чувствительность этих устройств измеряется в энергетических единицах и равна величине не более 0,5 мВт/см². В то же самое время эти устройства защищены от воздействия дневного света, а их чувствительность практически не зависит от пыли и грязи, осаждающейся в процессе эксплуатации на линзах датчиков.

Вывод:

Учитывая спектр излучения дугового разряда и спектральную зависимость токовой чувствительности применяемых в оптоэлектронных УДЗ фотодиодов, более корректно измерять чувствительность в спектре излучения, совпадающим со спектром токовой чувствительности фотоприемников УДЗ. Единицей измерения в этом случае является Вт/м².

Внешний вид ШДЗ



Вид с открытой крышкой



ШКАФ ДУГОВОЙ ЗАЩИТЫ обеспечивает защиту КРУ, КРУН, КСО от дуговых замыканий

- Максимальная комплектация состоит из следующих компонентов:
- УДЗ «ОВОД-МД» (вариант исполнения в виде блочного каркаса);
- клеммный блок для подключения внешних цепей;
- автоматический выключатель питания блока преобразования и мониторинга;
- шунтирующие резисторы для дискретных входов;
- автоматический выключатель питания обогрева;
- промежуточные реле типа R15 (производитель Relpol S.A.), устанавливаемые на колодки;
- лампа местного освещения;
- реле указательные типа РУ-21;
- кулачковые выключатели для размыкания цепей отключения.

Блок преобразования и мониторинга УДЗ располагается внутри шкафа. Блок управления УДЗ вынесен на дверцу шкафа.

Основные технические параметры:

Наименование	Значение
максимальное количество датчиков	40
максимальная длина оптического кабеля датчика, м	500
порог срабатывания, мВт/см ²	0,5
количество выходов отключения	20
время срабатывания без контроля по току, мс	9
время срабатывания с контролем по току (без выдержки времени)	9 мс+T _{МТЗ}
рабочий диапазон температур, °С	от минус 40 до +55
Габариты, мм	800×600×250
Масса, кг	не более 55

Россия, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д. 118А, лит. Л тел./факс (812) 331-50-33, 331-50-34;
info@proel.spb.ru www.proel.spb.ru

