

## Введение

Каждая электроустановка имеет изоляцию, соответствующую ее номинальному напряжению. Рабочее напряжение, приложенное к установке, может отличаться от номинального, однако надежная работа обеспечивается только в том случае, если оно не выходит за пределы значений наибольших рабочих напряжений. Часто причиной выхода из строя электрооборудования становится наличие импульсов напряжения. Импульсом напряжения называется резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд [1]. Импульсы напряжения, возникающие в электрических сетях подразделяют на коммутационные и грозовые.

Источником энергии коммутационных импульсов напряжения является энергия, запасенная в реактивных (индуктивных и емкостных) элементах системы, которая обуславливает появление импульсов в переходных режимах при нормальных и аварийных коммутациях. Значения импульсных коммутационных напряжений зависят от параметров электрической системы, характеристик коммутирующих аппаратов, а также фазы тока на момент коммутации.

Причиной возникновения грозовых импульсов напряжения являются удары молнии в электроустановку или вблизи нее.

По данным США значения напряжения коммутационных импульсов даже в бытовых сетях могут достигать 20 кВ. Примерно такие же данные приводят японские, французские и другие исследователи. Исследования, проведенные нами по эксплуатации промышленного электрооборудования в сетях 0.4 кВ, позволяют утверждать, что, например, при тяжелых условиях коммутации силовых электродвигателей значение напряжения коммутационных импульсов может превышать 70 кВ. Нет необходимости говорить о последствиях такого воздействия на электрооборудование. Положение часто осложняется тем, что во многих случаях эксплуатация электрических машин производится в тяжелых условиях (загрязнение, увлажнение изоляции, частые пуски и остановки агрегатов), что обуславливает особую уязвимость изоляции электрооборудования из-за ее ускоренного износа и уменьшения электрической прочности.

Для защиты оборудования от импульсных напряжений в разных странах применяются вентильные разрядники, RC-цепочки, LC-фильтры и т.д. Однако в последние десятилетия во всем мире наиболее эффективным (и дешевым) средством защиты от импульсных напряжений любого вида признано использование нелинейных полупроводниковых резисторов, называемых варисторами. Отличительной чертой варистора является симметричная и резко выраженная нелинейная вольт-амперная характеристика (ВАХ - см. рис.1). За счет этого варисторы позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от импульсных напряжений. Основным принцип действия варистора весьма прост. Варистор включается параллельно защищаемому оборудованию, т.е. при нормальной эксплуатации он находится под действием рабочего напряжения защищаемого устройства. В рабочем режиме (при отсутствии импульсных напряжений) ток через варистор пренебрежимо мал, и поэтому варистор в этих условиях представляет собой изолятор.

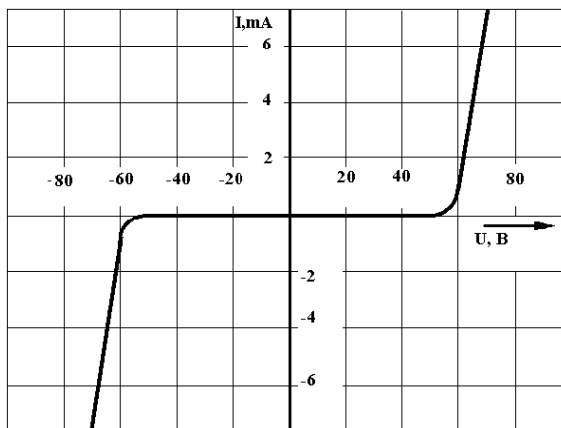


Рис.1 Типичная вольтамперная характеристика варистора

При возникновении импульса напряжения варистор в силу нелинейности своей характеристики резко уменьшает свое сопротивление до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая ее, и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла. В этом случае через варистор кратковременно может протекать ток, достигающий нескольких тысяч ампер. Так как варистор практически безынерционен, то после гашения импульса напряжения он вновь приобретает очень большое сопротивление. Таким образом, включение варистора параллельно электрооборудованию не влияет на его работу в нормальных условиях, но "срезает" импульсы опасного напряжения, что полностью обеспечивает сохранность даже ослабленной изоляции (см . рис 2).

Наиболее широкое применение находят варисторы на основе оксида цинка, что обусловлено, во-первых, относительной простотой их изготовления и, во-вторых, хорошей способностью оксида цинка поглощать высокоэнергетические импульсы напряжения. Варисторы изготавливают по обычной "керамической" технологии, включающей в себя прессование варисторов (чаще всего имеющих форму диска или шайбы), их обжиг, нанесение электродов, пайку выводов и нанесение электроизоляционных и влагозащитных покрытий. Такая технология в ряде случаев позволяет предприятиям-изготовителям выпускать варисторы по индивидуальным заказам.

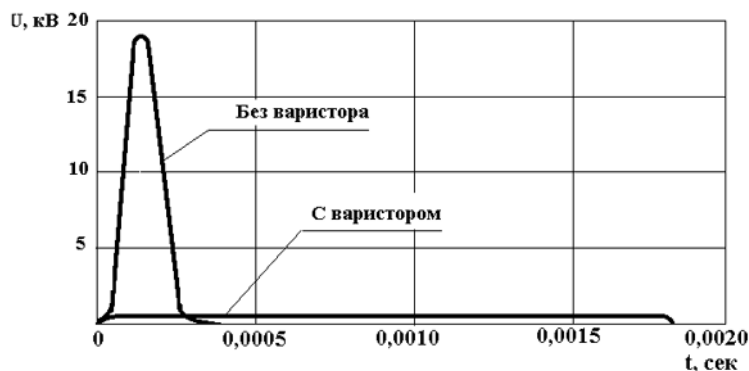


Рис.2 Напряжение на нагрузке при коммутации в сети 0,4 кВ

Метало - оксидный варистор EPCOS

тип: SIOV-E32VR302

код: B72232E0302R001

Назначение: метало - оксидные варисторы EPCOS предназначены в качестве активных элементов для без зазорных ОПН сконструированных в соответствии с IEC 60099-4.

Рекомендуется: разрядный ток - 5000 А  
класс разряда линии - 1

### Электрические характеристики:

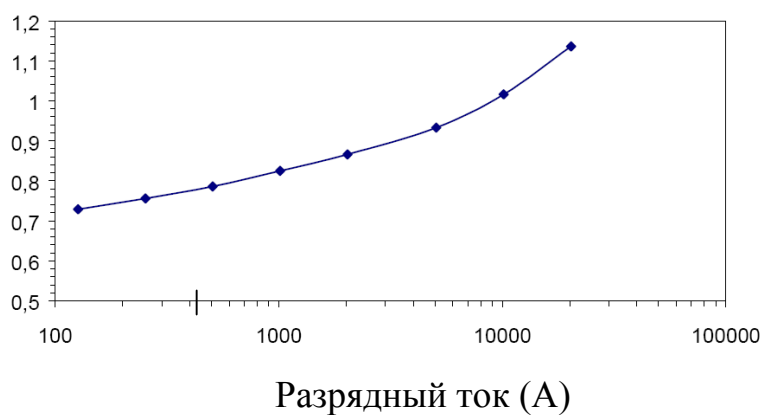
Параметры	Значения
Номинальный разрядный ток (In)	5кА (8/20 мс)
Остающееся напряжение при In (Ures)	≤ 9,15 кВ
Макс. длительно допустимое раб.напр. (Uc)	2,45 кВ
Потери активной мощности при Uc (Pc)	≤ 0,2 Вт
Классификационный ток (Iref)	1мА
Классификационное напряжение (Uref)	≥ 3кВ
Номинальное напряжение (Ur)	3кВ
Выдерживаемый имп. больш. тока (4/10μс)	2×65 кА,4/10μс
Выдерж.имп.тока больш. длителън.(2мс)	18×150А,2мс
Типовая энергия поглощения	

### Остаточное напряжение.

Диапазон остаточного напряжения в зависимости от тока разряда.

	10 кА	Диапазон разрядного импульса остаточного напряжения					Диапазон коммутационного имп. остаточного напряжения		
		125 А	250А	500А	1 кА	2кА	2,5 кА	5кА	10кА
тип	-	0,759	0,786	0,819	0,860	0,915	0,935	1	1,1
макс	1,15	0,781	-	0,844	-	-	-	-	-
мин	-	0,697	-	0,752	-	-	-	-	-

### Зависимость остаточного напряжения от тока разряда .



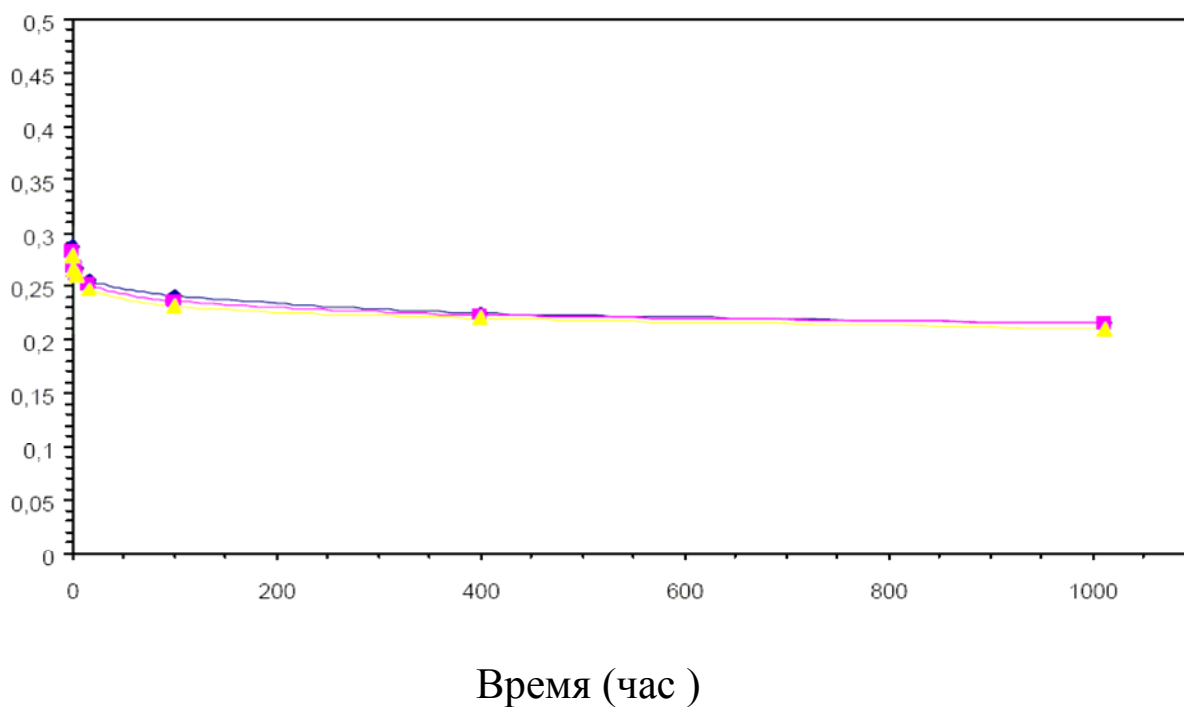
Испытания: тест на ускоренное старение.

При соблюдении стандарта IEC 60099-4 после испытаний резистивные потери мощности  $P_{2ct}$  меньше или равны  $P_{1ct}$ .

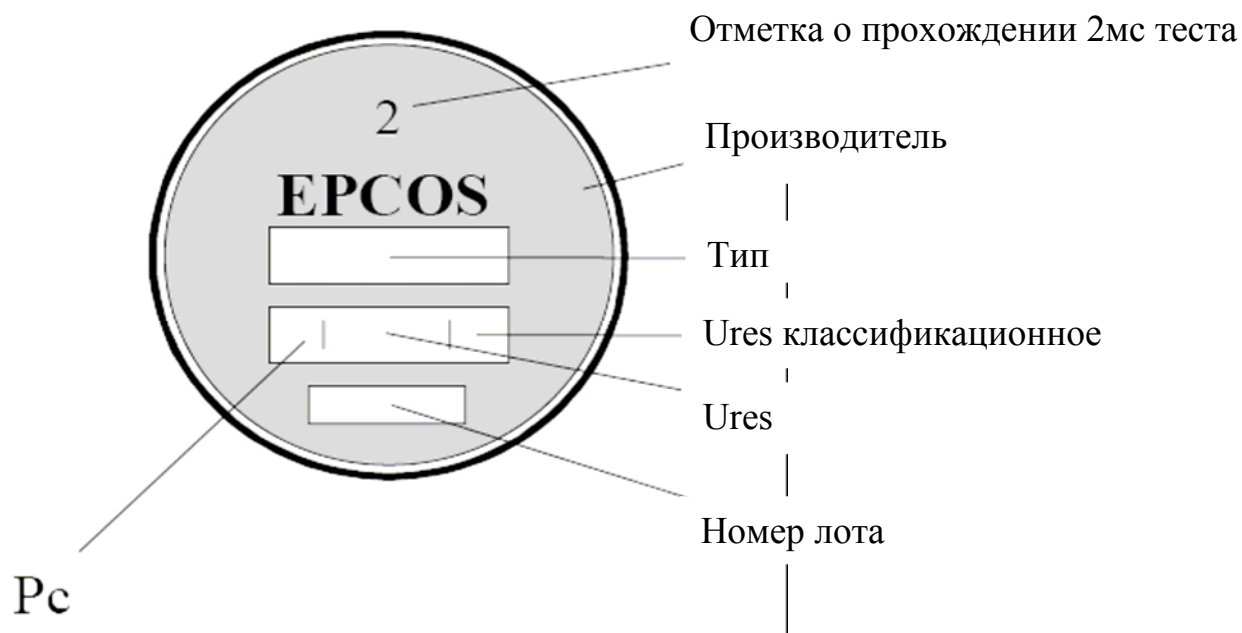
Условия проведения испытаний:

температура:	$115 \pm 4^\circ$
окружающая среда:	N2
тестовое напряжение:	макс. постоянное рабочее напряжение
частота:	50 Гц
длительность испытаний:	$\geq 1000$ часов
$P_{1ct}$ :	потери резистивной мощности ,измеренные в течении 1-2 часов после подачи напряжения
$P_{2ct}$ :	потери резистивной мощности ,измеренные через 1000 часов(шаг измерения 0+100 ч )
число измерений:	$\geq 3$

График потерь резистивной мощности в зависимости от времени:  
E 32 KV 302



## Маркировка.



Примечание :

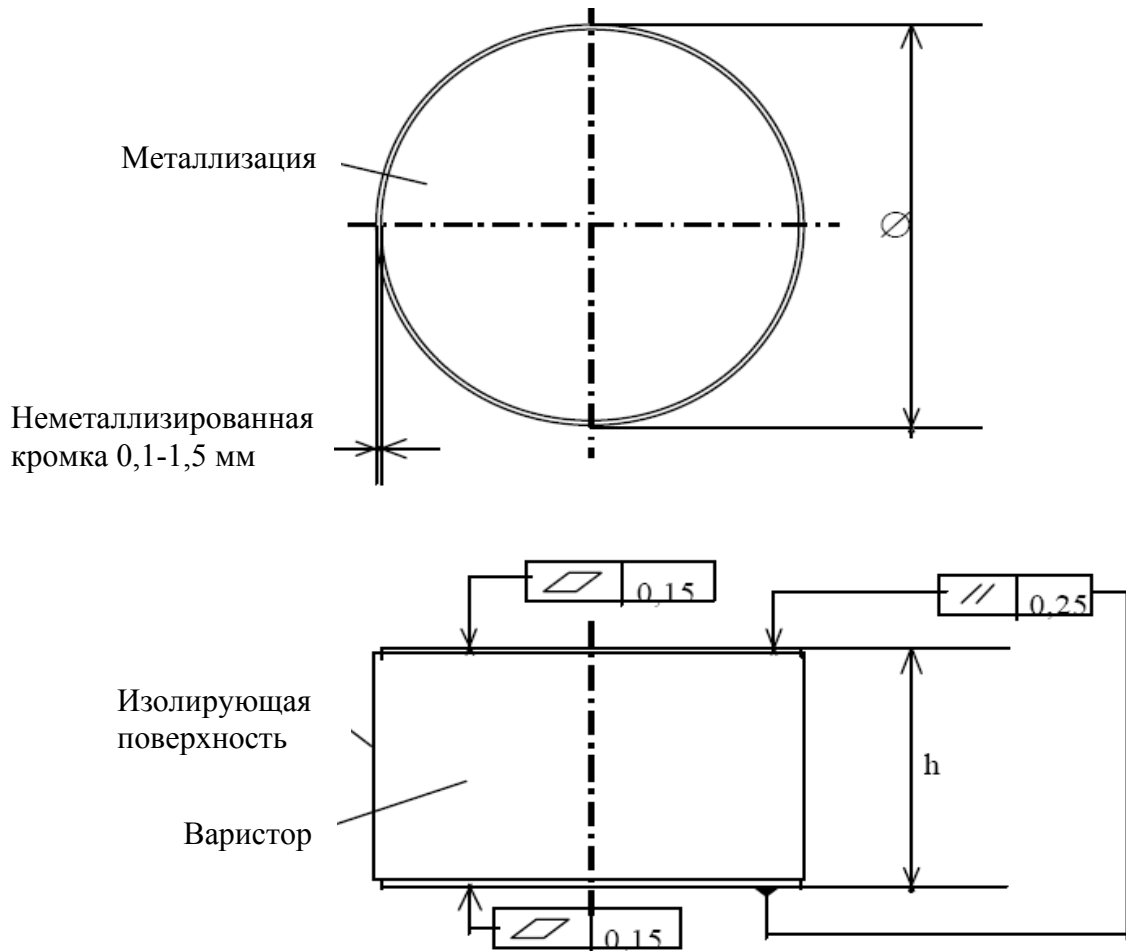
Pc резистивные потери мощности при максимальном рабочем напряжении .

Ures остающееся напряжение при номинальном разрядном токе .

Ures клас. остающееся напряжение измеренное с шагом 100 В соответствующее определенной букве.

Ures		букв. обозн.	Ures		букв. обозн .
Нижн . знач.	Верх. знач.		Нижн. знач.	Верх. знач.	
7.85	7.949	A			N
7.95	8.049	B			S
8.05	8.149	C			P
8.15	8.249	D			Q
8.25	8.349	E			R
8.35	8.449	F			S
8.45	8.549	G			T
8.55	8.649	H			U
8.65	8.749	I			V
8.75	8.849	J			W
8.85	8.949	K			X
8.95	9.049	L			Y
9.05	9.149	M			

## Геометрические размеры (мм)



Металлизация	Al-обкладки
Диаметр $\varnothing$	$(34 \pm 1)$ мм
Высота h	$(22,0 \pm 0,6)$ мм

Метало - оксидный варистор EPCOS

тип: SIOV-E32VR602

код: B72232E0602R001

Назначение: метало - оксидные варисторы EPCOS предназначены в качестве активных элементов для без зазорных ОПН сконструированных в соответствии с IEC 60099-4.

Рекомендуется: разрядный ток - 5000А  
класс разряда линии - 1

### Электрические характеристики:

Параметры	Значения
Номинальный разрядный ток (In)	5кА (8/20µс)
Остающееся напряжение при In (Ures)	≤18,25 кВ
Макс.длительно допустимое раб.напр. (Uc)	4,9кВ
Потери активной мощности при Uc (Pc)	≤0,39Вт
Классификационный ток (Iref)	1мА
Классификационное напряжение (Uref)	≥6 кВ
Номинальное напряжение (Ur)	6кВ
Выдерживаемый имп. больш. тока (4/10µс)	2×65кА,4/10µс
Выдерж.имп.тока больш. длител. (2мс)	18×150кА, 2мс
Типовая энергия поглощения	

### Остаточное напряжение.

Диапазон остаточного напряжения в зависимости от тока разряда.

		Диапазон разрядного импульса остаточного напряжения					Диапазон коммутационного имп. остаточного напряжения		
		10кА	125 А	250 А	500 А	1 кА	2 кА	2,5кА	5кА
тип	-	0,759	0,786	0,819	0,860	0,915	0,935	1	1,1
макс	1,15	0,781	-	0,844	-	-	-	-	-
мин	-	0,697	-	0,752	-	-	-	-	-

### Зависимость остаточного напряжения от разрядного тока.

