

## Высоковольтные предохранители

Высоковольтные предохранители используются для защиты электрооборудования электрических сетей напряжением выше 1000 В от токов короткого замыкания и токов недопустимых перегрузок. Основными техническими характеристиками предохранителей являются номинальное напряжение, номинальный длительный ток, зависимость времени плавления вставки от тока. Отключающую способность предохранителей характеризуют номинальной отключаемой мощностью. Защитным элементом предохранителя является плавкая вставка, включенная последовательно в электрическую цепь защищаемой сети.

Предохранители, обладающие способностью резко уменьшать ток в цепи при коротком замыкании, называются **токоограничивающими**. При прохождении через плавкую вставку токов короткого замыкания или длительного тока перегрузки она чрезмерно перегревается и плавится, переходя сначала в жидкое, а затем в газообразное состояние. В процессе расплавления металла вставки между контактами предохранителя образуется дуга. Длительность горения и скорость гашения электрической дуги внутри предохранителя зависят от конструкции предохранителя и правильности выбора плавкой вставки. После гашения дуги электрическая цепь полностью разрывается. Время перегорания плавкой вставки зависит от величины проходящего через нее тока и называется защитной или токовременной характеристикой плавкой вставки, которая служит для определения выдержки времени отключения аварийных токов, а также расчетов селективной работы предохранителей и релейной защиты электроустановки. Ток, плавящий вставку, определяется конструкцией предохранителя, физическими данными самой плавкой вставки (материалом, формой, длиной и поперечным сечением) и температурой окружающего воздуха.

На токовременную характеристику предохранителя влияет также состояние плавкой вставки. Если использовать вставку с оксидной пленкой, у которой вследствие этого уменьшилось сечение плавящегося элемента из-за длительного хранения в ненормальных условиях, то характеристики вставки окажутся измененными. Плавкая вставка может работать длительное время, если через нее проходит номинальный или меньший электрический ток. При прохождении через предохранитель рабочего тока вставка нагревается, но структура металла не меняется.

**Номинальным током плавкой вставки** называется ток, который вставка способна выдержать, не расплавляясь и не перегорая длительное время, а номинальным током предохранителя - ток, на который рассчитаны его токоведущие части. Значение номинального тока указывают на токоведущих частях предохранителя и на контактных частях плавких вставок. Важными показателями предохранителей являются их надежность, стабильность и избирательность, т. е. плавкая вставка предохранителя должна длительное время работать при протекании по ней номинального тока, не перегорать при кратковременных перегрузках, надежно отключать предельный ток без разрушения самого предохранителя и отключать только тот участок электрической цепи при возникновении в любой ее точке короткого замыкания, который защищает данный предохранитель. В этом случае сработать должен тот предохранитель, который расположен ближе к месту замыкания. Ток, при котором плавкая вставка сгорает в момент достижения ею установившейся температуры, называется **пограничным**. Если пограничный ток по значению близок к номинальному или несколько больше его, плавкая вставка предохранителя не перегорает при прохождении через нее номинального тока.

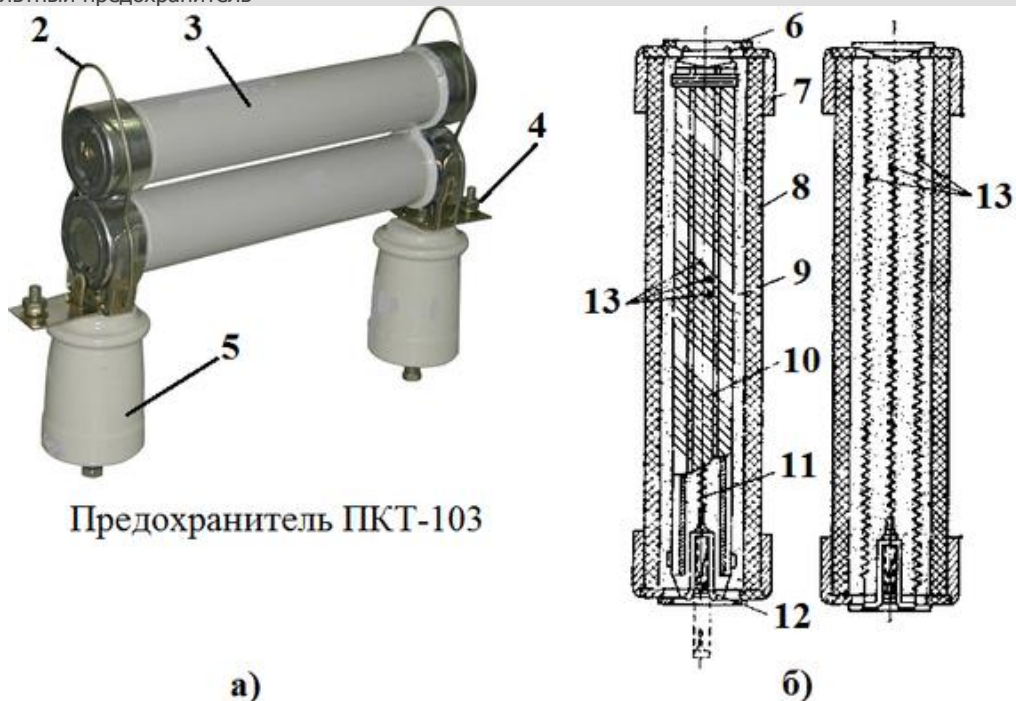
**Предельно отключаемый ток предохранителя** - это наибольший ток, который способен отключить предохранитель при перегорании его плавкой вставки. Предельно отключаемый ток плавкой вставки должен быть равен или больше максимального расчетного тока короткого замыкания в цепи, защищаемой предохранителем. Если выбор предохранителя произведен неправильно, то длительность горения дуги при перегорании плавкой вставки увеличивается и может привести к разрушению патрона предохранителя.

**Разрывной мощностью предохранителя** называется наибольшая мощность короткого замыкания, которую способен разорвать предохранитель при перегорании плавкой вставки без разрушения патрона предохранителя. Защищаемые электрические цепи укомплектовываются предохранителями на соответствующие электроустановкам номинальные напряжения и токи. Применение предохранителей, предусмотренных на меньшее номинальное напряжение, может привести к короткому замыканию и разрушению предохранителя. Если использовать предохранитель на большее номинальное напряжение и ток, то он не обеспечит необходимой защиты и нарушит селективную работу аппаратов и реле защиты, так как имеет другие, отличные от защищаемой цепи характеристики. Для надежной работы предохранителя необходимо, чтобы токовременная характеристика его плавкой вставки была несколько ниже характеристики защищаемого объекта.



В закрытых распределительных устройствах напряжением 6 и 10 кВ применяются предохранители ПК и ПКТ. Предохранитель ПК (рис. 1) относится к токоограничивающим предохранителям и представляет собой патрон - фарфоровую трубку 8, заполненную мелким кварцевым песком, внутри которой помещена плавкая вставка 10. На концах фарфоровой трубки 8 закреплены латунные колпачки 7 с крышками 6. Контакты патронов располагаются на двух опорных изоляторах 5, закрепленных на стальной плите 1. Контакты 2 снабжены замками, удерживающими патрон от выпадания при возникающих при прохождении токов короткого замыкания электродинамических усилиях. Для присоединения шин распределительного устройства к предохранителю служит хвостовик 4 контакта 2. Плавкая вставка 10 состоит из медных проволок, покрытых слоем серебра и намотанных на керамический сердечник (стержень) 9 для номинальных токов до 7,5 А. При токах выше 7,5 А медные проволоки имеют вид спиралей и помещены непосредственно внутрь фарфоровой трубки. Проволока плавкой вставки на номинальные токи до 7,5 А по всей длине имеет один диаметр, а на токи выше 7,5 А - разные диаметры, т. е. в этом случае используется проволока ступенчатого сечения, что существенно улучшает характеристики предохранителей. Во время процесса срабатывания предохранителя плавление и испарение таких вставок под действием больших токов происходит неодновременно: сначала плавится участок вставки с проволокой меньшего сечения, а затем - с проволокой большего сечения. Вследствие этого уменьшается длина разрываемого участка и снижается перенапряжение, которое вызывается перегоранием плавкой вставки. Эта конструкция плавкой вставки предохранителя ПК позволяет ограничить перенапряжение до 2,5-кратного значения рабочего напряжения.

Рис. 1. Высоковольтный предохранитель



Предохранитель ПКТ-103

**Обозначение**

а - общий вид (ПКТ-103), б - патроны предохранителя на керамическом стержне (слева) и без стержня (справа), 1 - плита (под опорные изоляторы 5 не показана), 2 - контакт с замком, 9 - патрон, 4 - хвостовик контакта, 5 - опорный изолятор, 6 - крышка, 7 - латунный колпачок, 8 - фарфоровая трубка (кожух), 9 - стержень, 10 - плавкая вставка, 11 - указательная проволока, 12 - указатель срабатывания, 13 - оловянные шарики

В обозначении предохранителей указывают: их тип (ПК - с мелкозернистым кварцевым наполнителем), назначение (Т - для защиты силовых трансформаторов, К - конденсаторов, Д - электродвигателей, Н -

трансформаторов напряжения), конструктивное исполнение (101 - для предохранителей с номинальным током до 32 А, 102 - для предохранителей напряжением 6 кВ и током от 40 до 80 А, 10 кВ и от 40 до 50 А, 103 - для предохранителей 6 кВ и от 100 до 160 А, 10 кВ и от 80 до 100 А), номинальное напряжение, кВ, номинальный ток, А (он равен току плавкой вставки), номинальный ток отключения, кА, климатическое исполнение и категорию размещения. Например, предохранитель с мелкозернистым кварцевым наполнителем, предназначенный для защиты силового трансформатора, конструктивного исполнения 102, на номинальное напряжение 10 кВ, ток 40 А и ток отключения 20 кА, для размещения в умеренном климате и внутренней установки обозначают ПКТ 102-10-40-20УЗ. Для мачтовых трансформаторных подстанций применяют предохранители ПКТ соответствующего климатического исполнения (У, ХЛ, Т) и 1-й категории размещения. Их патроны выполняют водонепроницаемыми во избежание отсыревания внутренних частей. Для защиты измерительных трансформаторов напряжения на напряжение 3 -10кВ применяют предохранители ПКН-10, не имеющие указательного устройства об их срабатывании.

В предохранителях ПК плавкую вставку изготавливают из нескольких параллельных проволок, что значительно улучшает условия теплоотдачи и уменьшает общее сечение вставки. В результате этого улучшаются условия охлаждения и гашения электрической дуги, которая возникает в нескольких параллельных каналах при плавлении и испарении проволок, что влечет к разрыву электрической цепи. Кроме того, на проволоки плавких вставок напаяны оловянные шарики 13, служащие для снижения температуры плавления проволок за счет "металлургического эффекта". Так как температура плавления олова значительно ниже температуры плавления материала вставки, оно плавится раньше и в расплавленном виде проникает в металл проволоки, снижая тем самым на этом участке температуру плавления вставки предохранителя. Патрон предохранителя ПК необходимо заполнять сухим, чистым мелкозернистым песком с содержанием кварца около 99%, что обеспечивает быструю деионизацию электрической дуги в пространстве между зернами кварца и проникновение паров металла вставки в песок.

Предохранители ПК допускают многократную перезарядку дугогасящего патрона после его срабатывания, при этом спекшийся кварцевый наполнитель заменяют. При замене плавкой вставки следует точно соблюдать длину проволоки, соответствующую данному типу предохранителя, а также расстояние между отдельными проволоками и стенками патрона. Несоблюдение длины проволоки и расстояний приводят к разрушению предохранителя. Трубки с плавкими предохранителями герметически запаивают. Предохранитель ПК является токоограничивающим защитным аппаратом, так как ток короткого замыкания обрывается после расплавления и испарения металла не в момент его естественного прохождения через нулевое значение, а значительно раньше, чем он успевает достигнуть своего максимального значения. Предохранители для внутренней установки снабжены указателем срабатывания 12, который состоит из металлической втулки, пружины, указательной проволоки 11 и головки с крючком. Втулка со вставленной в нее пружиной закреплена на крышке патрона. Один конец пружины прикреплен к головке указателя крючком, а другой присоединен к втулке. В нормальном рабочем состоянии пружина сжата. При перегорании плавкой вставки перегорает и указательная проволока, освобождая пружину, которая выбрасывается вместе с головкой из предохранителя, по чему судят о том, что вставка предохранителя перегорела. Наибольшая отключаемая мощность предохранителей ПК составляет 300 МВА. Они выпускаются на следующие номинальные токи: 2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 40; 50; 80; 100; 160; 200; 315; 400 А.

Конструктивно предохранители, изготовленные на разные номинальные напряжения, отличаются длиной патрона, а на разные номинальные токи - не только длиной патрона, но и диаметрами патронов и колпачков. При номинальном напряжении 6 кВ на номинальный ток 75 А и выше и при напряжении 10 кВ на ток 50 А и выше патроны предохранителей делают спаренными. Предохранители на токи выше 200 А при напряжении 6 кВ и выше 150 А при напряжении 10 кВ имеют по четыре патрона на каждую фазу.

УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ ПАТРОНОВ

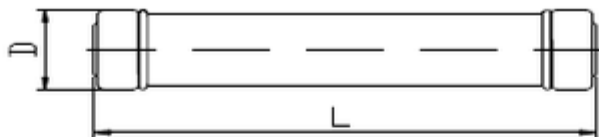


Рис 2

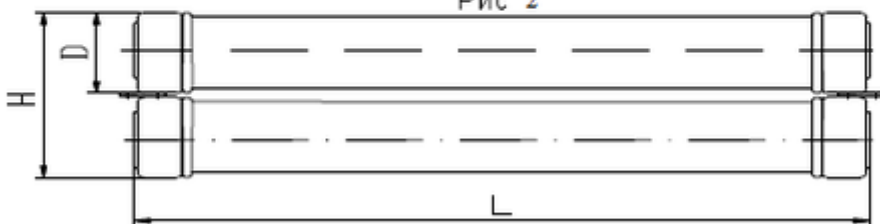


Рис. 3

## Ремонт предохранителей

Ремонт предохранителей ПКТ и ПКН заключается в проверке целостности плавкой вставки, очистке контактных поверхностей, проверке действия замка и указателя срабатывания (для предохранителей ПКТ). Указатель срабатывания при нажатии пальцем на его головку должен свободно переместиться, а при опускании пальца - возвратиться на место. Кроме того, проверяют плотность и полноту засыпки патронов кварцевым песком (при встряхивании патронов не должно быть слышно шума). Необходимо также контролировать правильность установки предохранителя (по номинальному току). При обнаружении обрыва плавкой вставки патроны заменяют и отправляют в мастерские для перезарядки. Пластинчатые предохранители низкого напряжения при перегорании или обнаружении на них окалины меняют, трубчатые при перегорании заменяют и отправляют на перезарядку.

Обозначение предохранителя	Обозначение патрона (ппа)	Ном. напр кВ	Ном. ток А	Ном. ток отключ. кА	Размеры патрона, мм		
					L	D	H
ПКТ - 101 Рис.2	ПТ1.1-3 УЗ	3	2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5	40	212±2	56	—
	ПТ1.1-6 У1, УЗ	6		20; 40	312±2		
	ПТ1.1-10 У1, УЗ	10		12,5; 31,5	412±2		
	ПТ1.1-20 У1, УЗ	20		12,5	512±2		
	ПТ1.1-35 УЗ	35		8	612±2		
ПКТ - 102 Рис.2	ПТ1.2-3 УЗ	3	40; 50; 80; 100	40	264±2	72	—
	ПТ1.2-6 УЗ	6	31,5; 40; 50	31,5	364±2		
	ПТ1.2-10 УЗ	10	50	12,5	464±2		
	ПТ1.2-20 УЗ	20	16; 20	12,5	564±2		
	ПТ1.2-35 УЗ	35	10; 16; 20	8	664±2		
ПКТ -103 Рис.3	ПТ1.3-3 УЗ	3	160; 200	40	264±2	72	148
	ПТ1.3-6 УЗ	6	80; 100	31,5	364±2		
	ПТ1.3-10 УЗ	10	50	31,5	464±2		
			80	20			
			100	12,5			
ПТ1.3-20 УЗ	20	31,5; 40; 50	12,5	564±2			
ПТ1.3-35 УЗ	35	31,5; 40	8	664±2			
ПКТ104 Рис.3	ПТ1.4-3 УЗ ПТ0.3-3 УЗ	3	315; 400	40	264±2	72	148
	ПТ1.4-6 УЗ	6	160; 200	31,5	364±2		
	ПТ1.4-6 УЗ		315	20			
	ПТ1.4-10 УЗ ПТ0.3-10 УЗ	10	100	31,5	464±2		
160			20				
			200	12,5			

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Номинальное напряжение предохранителя должно быть не менее сетевого напряжения
- Ток включения не должен расплавить плавкий элемент быстрее 0,1 с
- Предохранитель должен прервать минимальный ток короткого замыкания в течение 2 секунд.
- Предохранитель должен выдерживать номинальный ток  $I_n$  и возможные перегрузки трансформатора 1,3 -1,4  $I_n$
- В случае, когда неизвестны условия работы и установки, рекомендуется выбрать номинальный ток предохранителя больше 1,5  $I_n$

Выбор предохранителей для защиты установок трехфазного переменного тока 6-35 кв

Номинальный ток установки, а	Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, а	Номинальная трехфазная мощность, кВа, защищаемой установки при напряжении, кВ		
		6	10	35
0,5	2,0	5	10	-
1,0	3,0	10	20	50
1,9	5,0	20	30	100
3,0	7,5	30	50	180
5,0	10	50	75	-
8,0	15	75	100	320
10	20	100	180	560
14,5	30	135	240	-
20	40	180	320	1 000
30	50	320	560	-
54	75	560	750	-
70	100	750	1 000	-
100	150	1 000	1 500	-
145	200	1 500	2 500	-
210	300	2 000	-	-

Номинальная мощность трансформатора, кВА	Номинальный первичный ток трансформатора		Номинальный ток предохранителя		Номинальный первичный ток трансформатора		Номинальный ток предохранителя		Номинальный первичный ток трансформатора		Номинальный ток предохранителя		Номинальный первичный ток трансформатора		Номинальный ток предохранителя	
	6 кВ	7.2 кВ	I <sub>min</sub> , А	I <sub>max</sub> , А	10 кВ	12 кВ	I <sub>min</sub> , А	I <sub>max</sub> , А	20 кВ	24 кВ	I <sub>min</sub> , А	I <sub>max</sub> , А	30 кВ	36 кВ	I <sub>min</sub> , А	I <sub>max</sub> , А
50	4.8	4.1	10	16	2.9	2.4	6	10	1.5	1.2	4	6	0.96	0.8	2	4
75	7.2	6.2	16	20	4.3	3.6	10	16	2.2	1.8	4	6	1.4	1.2	4	6
100	9.6	8.2	25	32	5.8	4.8	10	16	2.9	2.4	6	10	1.9	1.6	6	10
125	12.1	10.3	32	40	7.2	6	16	20	3.6	3.0	6	10	2.4	2.0	6	10
160	15.4	13.2	40	50	9.2	7.7	20	25	4.6	3.8	10	16	3.1	2.6	6	10
200	19.2	16.4	40	50	11.5	9.6	25	32	5.8	4.8	10	16	3.8	3.2	10	16
250	24.1	20.6	50	63	14.4	12	32	40	7.2	6.0	16	20	4.8	4.0	10	16
315	30.3	26	50	63	18.2	15.2	40	50	9.1	7.6	20	25	6.1	5.1	16	20
400	38.5	33	63	80	23	19.2	50	63	11.5	9.6	25	32	7.7	6.4	20	25
500	48.1	41.2	80	100	28.8	24	50	63	14.4	12	32	40	9.6	8.0	20	25
630	60.6	51.9	100	125	36.4	30.3	63	80	18.1	15.2	40	50	12.1	10.1	25	32
800	76.9	66	100	125	46.2	38.5	80	100	23.1	19.2	50	63	15.4	12.8	40	50
1000	96.2	82.5	125	160	57.7	48.1	100	125	28.8	24.1	50	63	19.2	16.0	50	63