

Замена вентильных разрядников на ОПН

НЕЛИНЕЙНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ЗАМЕНЯЮЩИЕ ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ I – IV ГРУПП по ГОСТ 16357-83

Автор:

Главный научный сотрудник,
д.т.н., проф., Действительный член
Академии электротехнических наук РФ

Ф. Х. Халилов

Санкт-Петербург

Для защиты изоляции электрооборудования и линий (пересечения, кабельные вставки, заградители, секционирующие разъединители, переходные пролеты через реки, озера, заливы, столбовые трансформаторные пункты и т.д.) до последнего времени использовались грозозащитные вентильные разрядники серии РВП, РВО (IV группа по ГОСТ 16357-83), РВС (III группа), РВМ, РВМГ (II группа), РВРД (I группа), а также комбинированные вентильные разрядники серии РВМК по ГОСТ 16357-70 и ТУ 16.521.029-69.

По различным причинам разрядники серии РВТ и имеющие I группу по ГОСТ 16357-83 нашей промышленностью в массовом порядке не производились.

Однако, разрядники по различным эксплуатационным характеристикам в настоящее время не отвечают требованиям предприятий, эксплуатирующих энергосистемы и электрические сети промышленных предприятий, электрифицированного транспорта, сельского хозяйства и др. Кроме того, вентильные разрядники после 20 – 25 лет работы в сетях резко ухудшают свои защитные характеристики (вольтамперную и вольтсекундную), вследствие чего практически оставляют объекты электроэнергетики без

защиты от перенапряжений. Поэтому в последние годы вентильные разрядники в массовом порядке заменяются соответствующими нелинейными ограничителями перенапряжений. Однако, при выполнении такой работы эксплуатирующие и производящие защитные аппараты организации встречают технические трудности. Во избежание такой трудности ниже в технической записке даются эквиваленты вентильных разрядников в виде ОПН различных классов напряжения.

Из всех электрических характеристик нелинейных ограничителей перенапряжений наиболее важное значение имеют величины остающегося напряжения аппаратов, с которыми координируются уровни изоляции электрооборудования и линий.

В таблице 1 приведены основные электрические характеристики нелинейных ограничителей перенапряжений 3 – 220 кВ. Здесь не приведены защитные характеристики вентильных разрядников.

В таблице 1 приняты следующие условные обозначения:

$U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение сети, в которой устанавливаются защитные аппараты, кВ_{действ};

$U_{\text{н.р.}}$ - наибольшее (максимальное) длительно допустимое напряжение на разряднике или ограничителе, кВ_{действ};

$U_{\text{пр.50}}$ - пробивное напряжение искровых промежутков разрядников при частоте 50 Гц (слева – не менее, справа – не более), кВ_{действ};

$U_{\text{пр.н}}$ - импульсное пробивное напряжение искровых промежутков разрядников при предразрядном времени 2 - 20 мкс, не более, кВ_{мах};

$I_{\text{НОМ}}$ - номинальный разрядный ток, кА;

$U_{\text{ост.3}}$, $U_{\text{ост.5}}$, $U_{\text{ост.10}}$, $U_{\text{ост.20}}$ - остающееся напряжение при импульсном токе с длиной фронта 8 мкс (для разрядников и формой 8/20 мкс (для ограничителей перенапряжений), кВ_{мах}, не более, соответственно при токах 3, 5, 10, 20 кА;

$I_{\text{п.и}}$ - амплитуда прямоугольного тока длительностью 2000 мкс, А;

$U_{\text{ост.к.125}}$, $U_{\text{ост.к.250}}$, $U_{\text{ост.к.500}}$, $U_{\text{ост.к.1000}}$ - остающееся напряжение при коммутационном токе 125, 250, 500 и 1000 А формой 30/60 мкс, кВ_{мах}, не более.,

Данные таблицы 1 учитывают, что:

- 1) аппараты рассчитаны на климатические условия «УХЛ»;
- 2) сопоставляемые аппараты рассчитаны на категорию размещения «1» (в открытой атмосфере). Однако они в случае необходимости могут быть использованы в открытой атмосфере, но под навесом (категория 2) и в закрытых помещениях (категория 3);
- 3) вентильные разрядники всех типов 3 - 220 кВ (РВП, РВО, РВС, РВМ, РВМГ, РВД) рассчитаны для защиты электрооборудования линий только от грозových перенапряжений.

«Эквиваленты» вентильных разрядников в виде ОПН приведены в таблице 2. Как видно из этой таблицы, в ряде случаев характеристики разрядников серии РВД и РВМ лучше, чем у ОПН. В этом случае взамен разрядников должны быть установлены два ОПН в параллель.

В отдельной таблице 3 приведены типы ограничителей перенапряжений для замены вентильных разрядников, необходимых при организации защиты нейтрали трансформаторов 3 - 220 кВ.

Таблица 1

Основные электрические характеристики вентильных разрядников и ОПН 3 - 220 кВ

№ п/п	Защитный аппарат	$U_{\text{ном}}$ кВ действ	$U_{\text{нр}}$ кВ действ	$U_{\text{пр.50}}$ кВ действ	$U_{\text{пр.н}}$ кВ max	$I_{\text{ном}}$ кА	Остающееся напряжение при импульсных токах, кВ _{max}				$I_{\text{п.и}}$ А	Остающееся напряжение при коммутационных токах, кВ _{max}				Взаимо заменяемость
							3 кА	5 кА	10 кА	20 кА		125 А	250 А	500А	1000 А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	РВП (IV группа)	3	3,8	9-11	20	5	13	14	-	-	-	-	-	-	-	1 - 2
2	ОПН- 3/3,6/10/400 УХЛ1	3	3,6	-	-	10	10	10,5	11,5	-	400	7,5	8,0	8,5	-	2 - 1
3	РВО (IV группа)	3	3,8	9-11	20	5	13	14	-	-	-	-	-	-	-	3 - 4
4	ОПН- 3/3,6/10/400 УХЛ1	3	3,6	-	-	10	10	10,5	11,5	-	400	7,5	8,0	8,5	-	4 - 3
5	РВМ (II группа)	3	3,8	7,5-9	8	5	9	9,5	11	-	-	-	-	-	-	
6	ОПН- 3/3,6/10/300 УХЛ1	3	3,6	-	-	10	10	10,5	11,5	-	300	7,5	8,0	8,5	-	
7	РВД (I группа)	3	3,8	7-8,5	7,5	5	8,6	9,0	10,5	-	-	-	-	-	-	
8	ОПН- 3/3,6/10/300 УХЛ1	3	3,6	-	-	10	10	10,5	11,5	-	300	7,5	8,0	8,5	-	
9	РВП (IV группа)	6	7,5	16-19	32	5	25	27	-	-	-	-	-	-	-	9 - 10 9 - 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	ОПН- 6/7,2/10/300 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	300	15,8	16,2	-	-	10 - 9
11	ОПНп- 6/7,2/10/400 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	400	15,9	16,2	-	-	11 - 9
12	РВО (IV группа)	6	7,5	16-19	32	5	25	27	-	-	-	-	-	-	-	12 - 13 12 - 14
13	ОПН- 6/7,2/10/300 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	300	15,8	16,2	-	-	13 - 12
14	ОПНп- 6/7,2/10/400 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	400	15,9	16,2	-	-	14 - 12
15	РВМ (II группа)	6	7,5	15-18	15,5	5	17	18	20	-	-	-	-	-	-	12 - 13 12 - 14
16	ОПН- 6/7,2/10/300 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	300	15,8	16,2	-	-	13 - 12
17	ОПНп- 6/7,2/10/400 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	400	15,9	16,2	-	-	14 - 12
18	РВРД (I группа)	6	7,5	14-17	15	5	16,5	17,8	19,5	-	-	-	-	-	-	
19	ОПН- 6/7,2/10/300 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	300	15,8	16,2	-	-	
20	ОПНп- 6/7,2/10/400 УХЛ1	6	7,2	-	-	10	20	21	22	-	400	15,9	16,2	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
21	РВП (IV группа)	10	12,7	26-30	48	5	43	45	-	-	-	-	-	-	-	21 - 22 21 - 23
22	ОПН- 10/12/10/300 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	300	26,0	27,0	-	-	22 - 21
23	ОПНп- 10/12/10/400 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	400	26,0	27,0	-	-	23 - 21
24	РВО (IV группа)	10	12,7	26-30	48	5	43	45	-	-	-	-	-	-	-	24 - 25 24 - 26
25	ОПН- 10/12/10/300 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	300	26,0	27,0	-	-	25 - 24
26	ОПНп- 10/12/10/400 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	400	26,0	27,0	-	-	26 - 24
27	РВМ (II группа)	10	12,7	25-30	25,5	5	28	30	33	-	-	-	-	-	-	
28	ОПН- 10/12/10/300 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	300	26,0	27,0	-	-	
29	ОПНп- 10/12/10/400 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	400	26,0	27,0	-	-	
30	РВРД (I группа)	10	12,7	24-29	25,5	5	27,5	29,5	32	-	-	-	-	-	-	
31	ОПН- 10/12/10/300 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	300	26,0	27,0	-	-	
32	ОПНп- 10/12/10/400 УХЛ1	10	12	-	-	10	34	35		-	400	26,0	27,0	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
33	РВС (III группа)	15	18	38-48	67	5	57	61	67	-	-	-	-	-	-	33 - 34
34	ОПН- 15/18/10/400 УХЛ1	15	18	-	-	10	45	46,6		-	400	36,0		-	-	34- 33
35	РВМ (II группа)	15	18	35-43	57	5	47	51	57	-	-	-	-	-	-	35 - 36
36	ОПН- 15/18/10/400 УХЛ1	15	18	-	-	10	45	46,6		-	400	36,0		-	-	36- 35
37	РВС (III группа)	20	24	49-60,5	80	5	75	80	88	-	-	-	-	-	-	
38	ОПН- 20/24/10/400 УХЛ1	20	24	-	-	10	-	82	-	-	400	-	-	61	-	
39	РВМ (II группа)	20	24	47-56	74	5	62	70	74	-	-	-	-	-	-	
40	ОПН- 20/24/10/400 УХЛ1	20	24	-	-	10	-	82	-	-	400	-	-	61	-	
41	РВС (III группа)	35	40,5	78-97	125	5	122	130	143	-	-	-	-	-	-	41 - 42 41 - 43
42	ОПН- 35/40,5/10/400 УХЛ1	35	40,5	-	-	10	-	120	-	-	400	-	107	-	-	42 - 41
43	ОПНп- 35/40,5/10/400 УХЛ1	35	40,5	-	-	10	-	120	-	-	400	-	107	-	-	43 - 41

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
44	РВМ (II группа)	35	40,5	75-90	116	5	97	105	116	-	-	-	-	-	-	
45	ОПН- 35/40,5/10/400 УХЛ1	35	40,5	-	-	10	-	120	-	-	400	-	107	-	-	
46	ОПНп- 35/40,5/10/400 УХЛ1	35	40,5	-	-	10	-	120	-	-	400	-	107	-	-	
47	РВС (III группа)	110	102	200-250	285	5	315	335	367	-	-	-	-	-	-	47-48; 47-49; 47-50; 47-51; 47-52; 47538;
48	ОПН- 110/73/10/400 УХЛ1	110	73	-	-	10	-	231	246	265	400	-	190	195	200	48 - 47
49	ОПН- 110/78/10/400 УХЛ1	110	78	-	-	10	-	242	258	278	400	-	199	204	210	49 - 47
50	ОПН- 110/83/10/400 УХЛ1	110	83	-	-	10	-	258	279	296	400	-	212	217	223	50 - 47
51	ОПН- 110/73/10/550 УХЛ1	110	73	-	-	10	-	220	239	257	550	-	180	185	197	51 - 47
52	ОПН- 110/78/10/550 УХЛ1	110	78	-	-	10	-	233	253	272	550	-	190	196	208	52 - 47
53	ОПН- 110/86/10/550 УХЛ1	110	86	-	-	10	-	260	282	303	550	-	212	218	232	53 - 47

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
54	РВМГ (II группа)	110	100	170-195	260	5	245	265	295	-	-	-	-	-	-	54-55; 54-56; 54-57; 54-58; 54-59; 54-60
55	ОПН- 110/73/10/400 УХЛ1	110	73	-	-	10	-	231	246	265	400	-	190	195	200	55 - 54
56	ОПН- 110/78/10/400 УХЛ1	110	78	-	-	10	-	242	258	278	400	-	199	204	210	56 - 54
57	ОПН- 110/83/10/400 УХЛ1	110	83	-	-	10	-	258	279	296	400	-	212	217	223	57 - 54
58	ОПН- 110/73/10/550 УХЛ1	110	73	-	-	10	-	220	239	257	550	-	180	185	197	58 - 54
59	ОПН- 110/78/10/550 УХЛ1	110	78	-	-	10	-	233	253	272	550	-	190	196	208	59 - 54
60	ОПН- 110/86/10/550 УХЛ1	110	86	-	-	10	-	260	282	303	550	-	212	218	232	60 - 54
61	РВС (III группа)	150	138	275-345	375	5	435	465	510	-	-	-	-	-	-	61-62; 61-63; 61-64
62	ОПН- 150/100/10/550 УХЛ1	150	100	-	-	10	-	300	326	350	550	-	245	252	269	62 - 61
63	ОПН- 150/106/10/550 УХЛ1	150	106	-	-	10	-	318	350	370	550	-	259	267	284	63 - 61
64	ОПН- 150/113/10/550 УХЛ1	150	113	-	-	10	-	354	384	413	550	-	289	297	316	64 - 61

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
65	РВМГ (II группа)	150	138	230-265	370	5	340	370	410	-	-	-	-	-	-	65-66; 65-67; 65-68
66	ОПН- 150/100/10/550 УХЛ1	150	100	-	-	10	-	300	326	350	550	-	245	252	269	66 - 65
67	ОПН- 150/106/10/550 УХЛ1	150	106	-	-	10	-	318	350	370	550	-	259	267	284	67 - 65
68	ОПН- 150/113/10/550 УХЛ1	150	113	-	-	10	-	354	384	413	550	-	289	297	316	68 - 65
69	РВС (III группа)	220	198	400-500	530	5	630	670	734	-	-	-	-	-	-	69-70; 69-71; 69-72; 69-73
70	ОПН- 220/146/10/550 УХЛ1	220	146	-	-	10	-	440	477	514	550	-	358	369	394	70 - 69
71	ОПН- 220/154/10/550 УХЛ1	220	154	-	-	10	-	465	503	542	550	-	378	389	416	71 - 69
72	ОПН- 220/165/10/550 УХЛ1	220	165	-	-	10	-	487	538	579	550	-	404	416	445	72 - 69
73	ОПН- 220/176/10/550 УХЛ1	220	176	-	-	10	-	519	573	617	550	-	430	443	474	73 - 69
74	РВМГ (II группа)	220	198	340-390	515	5	475	525	570	-	-	-	-	-	-	74-75; 74-76; 74-77; 74-78
75	ОПН- 220/146/10/550 УХЛ1	220	146	-	-	10	-	440	477	514	550	-	358	369	394	75 - 74

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
76	ОПН- 220/154/10/550 УХЛ1	220	154	-	-	10	-	465	503	542	550	-	378	389	416	76 - 74
77	ОПН- 220/165/10/550 УХЛ1	220	165	-	-	10	-	487	538	579	550	-	404	416	445	77 - 74
78	ОПН- 220/176/10/550 УХЛ1	220	176	-	-	10	-	519	573	617	550	-	430	443	474	78 - 74

Таблица определения замены вентильных разрядников на ОПН

Разрядник	Ограничитель перенапряжений
РВП-3 (IV группа)	ОПН-3/3,6/10/400 УХЛ1
РВО-3 (IV группа)	ОПН-3/3,6/10/400 УХЛ1
РВМ-3 (II группа)	2 x ОПН-3/3,6/10/400 УХЛ1
РВРД-3 (I группа)	2 x ОПН-3/3,6/10/400 УХЛ1
РВП-6 (IV группа)	ОПН-6/7,2/10/300 УХЛ1 ОПНп-6/7,2/10/400 УХЛ1
РВО-6 (IV группа)	ОПН-6/7,2/10/300 УХЛ1 ОПНп-6/7,2/10/400 УХЛ1
РВМ-6 (II группа)	2 x ОПН-6/7,2/10/300 УХЛ1 2 x ОПНп-6/7,2/10/400 УХЛ1
РВРД-6 (I группа)	2 x ОПН-6/7,2/10/300 УХЛ1 2 x ОПНп-6/7,2/10/400 УХЛ1
РВП-10 (IV группа)	ОПН-10/12/10/300 УХЛ1 ОПНп-10/12/10/400 УХЛ1
РВО-10 (IV группа)	ОПН-10/12/10/300 УХЛ1 ОПНп-10/12/10/400 УХЛ1
РВМ-10 (II группа)	2 x ОПН-10/12/10/300 УХЛ1 2 x ОПНп-10/12/10/400 УХЛ1
РВРД-10 (I группа)	2 x ОПН-10/12/10/300 УХЛ1 2 x ОПНп-10/12/10/400 УХЛ1
РВС-15 (III группа)	ОПН-15/18/10/400 УХЛ1
РВМ-15 (II группа)	ОПН-15/18/10/400 УХЛ1
РВС-20 (III группа)	2 x ОПН-20/24/10/400 УХЛ1
РВМ-20 (II группа)	2 x ОПН-20/24/10/400 УХЛ1
РВС-35 (III группа)	ОПН-35/40,5/10/400 УХЛ1 ОПНп-35/40,5/10/400 УХЛ1
РВМ-35 (II группа)	2 x ОПН-35/40,5/10/400 УХЛ1 2 x ОПНп-35/40,5/10/400 УХЛ1
РВС-110 (III группа)	ОПН-110/73/10/400 УХЛ1; ОПН-110/73/10/550 УХЛ1; ОПН-110/78/10/400 УХЛ1; ОПН-110/78/10/550 УХЛ1; ОПН-110/83/10/400 УХЛ1; ОПН-110/83/10/550 УХЛ1
РВМГ-110 (II группа)	ОПН-110/73/10/400 УХЛ1; ОПН-110/73/10/550 УХЛ1; ОПН-110/78/10/400 УХЛ1; ОПН-110/78/10/550 УХЛ1; ОПН-110/83/10/400 УХЛ1; ОПН-110/83/10/550 УХЛ1
РВС-150 (III группа)	ОПН-150/100/10/550 УХЛ1; ОПН-150/106/10/550 УХЛ1; ОПН-150/113/10/550 УХЛ1
РВМГ-150 (II группа)	ОПН-150/100/10/550 УХЛ1; ОПН-150/106/10/550 УХЛ1; ОПН-150/113/10/550 УХЛ1
РВС-220 (III группа)	ОПН-220/146/10/550 УХЛ1; ОПН-220/154/10/550 УХЛ1; ОПН-220/165/10/550 УХЛ1; ОПН-220/176/10/550 УХЛ1
РВМГ-220 (II группа)	ОПН-220/146/10/550 УХЛ1; ОПН-220/154/10/550 УХЛ1; ОПН-220/165/10/550 УХЛ1; ОПН-220/176/10/550 УХЛ1

Таблица определения замены вентильных разрядников на ОПН,
необходимых для организации защиты нейтрали силовых
трансформаторов

U_{НОМ}, кВ	Вентильный разрядник	Ограничитель перенапряжений
3	РВМ-3	ОПН-3/3,6/10/400 УХЛ1
6	РВМ-6	ОПН-6/7,2/10/300 УХЛ1 ОПНп-6/7,2/10/400 УХЛ1
10	РВМ-10	ОПН-10/12/10/300 УХЛ1 ОПНп-10/12/10/400 УХЛ1
15	РВМ-15	ОПН-15/18/10/400 УХЛ1
20	РВМ-20	ОПН-20/24/10/400 УХЛ1
35	РВМ-35	ОПН-35/40,5/10/400 УХЛ1 ОПНп-35/40,5/10/400 УХЛ1
110	2 x РВС-20; РВС-35 + РВС-15 РВС-60	ОПНН-110/56/10/550 УХЛ1
150	РВС-110	ОПНН-150/100/10/550 УХЛ1
220	РВС-150	ОПНН-220/115/10/550 УХЛ1