

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**Н.В. Кояин**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ПРИВОДОВ**

***ЯЩИКИ РЕЗИСТОРОВ***

## 1. ЯЩИКИ РЕЗИСТОРОВ

### 1.1. Ящики резисторов с чугунными элементами

Ящики резисторов с чугунными элементами применяются для двигателей постоянного и переменного тока всех мощностей, начиная от 3 до несколько тысяч киловатт. В больших количествах ящики резисторов с чугунными элементами применяются для приводов кранов и для приводов в металлургической промышленности.

Чугунные элементы, из которых набираются ящики, представляют собой литые зигзагообразные пластины. Элементы бывают двух типов: большие и малые.

Конструкция зажимов такова, что позволяет присоединение без пайки внешних проводов одножильных и многожильных, а также плоских шин различных сечений.

Ящики резисторов с указанными количествами чугунных элементов, а так же с определенной расстановкой зажимов называются стандартными и имеют типы ЯС100 с большими элементами и ЯС101 – с малыми.

Очень близкие к стандартным ящикам ЯС100, ЯС101 ящики резисторов крановые типа Н, которые являются взаимозаменяемыми. Чугунные элементы стандартизированы: всего имеется 17 номеров элементов, из которых 10 больших и 7 малых.

На рис.1 даны схемы расстановки зажимов в ящиках резисторов, где цифры обозначают число элементов, заключенных между соседними зажимами. Схемы рис. 1, а показывают наглядное соединение между элементами (вертикальные полоски) и места установки зажимов. Схемы рис. 1, б представляют собой более простое условное обозначение резисторов, принятое для изображения резисторов в схемах управления двигателями. Крановые ящики резисторов типа Н имеют большее число зажимов, чем стандартные, так как крановые контакторные панели и силовые контроллеры рассчитаны на большее число ступеней.

Токи ящиков резисторов, даже кратковременные, не должны превышать 800 А. Большие токи не допускаются для зажимов, а также по динамическим усилиям для элементов.

В табл. 1 приведены технические данные ящиков резисторов с чугунными элементами.

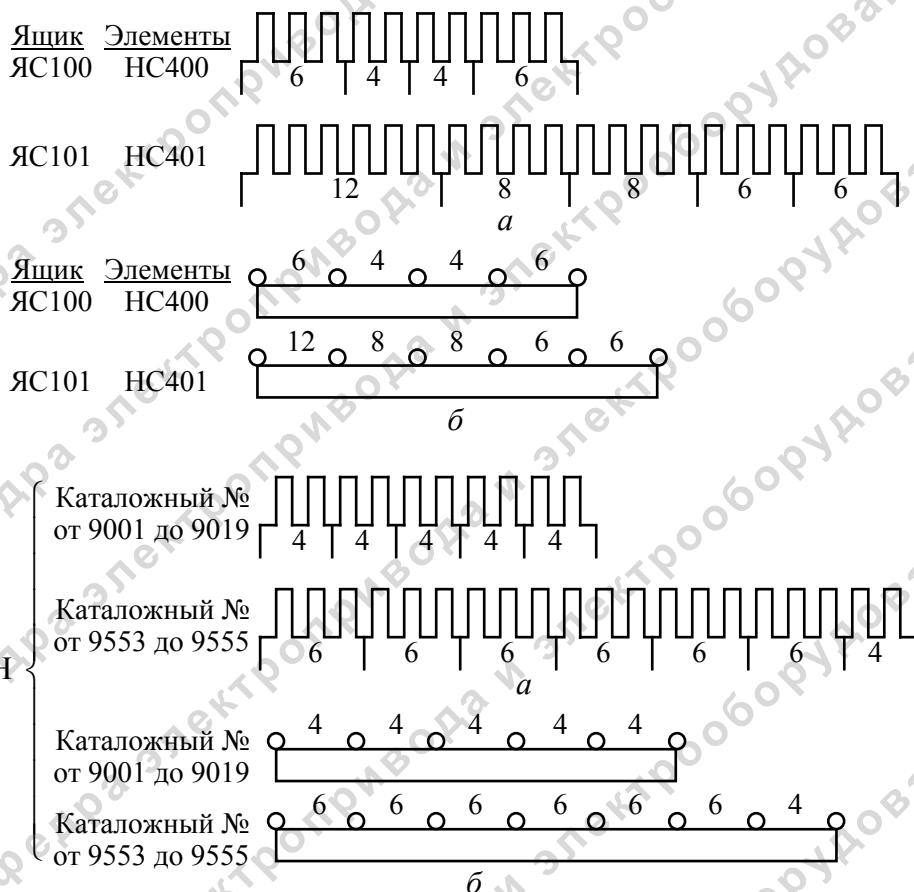


Рис. 1. Схемы расстановки зажимов в ящиках резисторов стандартных типа ЯС100 и ЯС101 и крановых типа Н с чугунными элементами

## 1.2. Ящики резисторов с элементам из сплава железа, алюминия и хрома (фехралей)

Ящики резисторов с фехрاليевыми элементами применяются для тех же мощностей двигателей, что и с чугунными элементами, т.е. от 3 до нескольких тысяч киловатт.

По сравнению с чугунными фехралевые элементы обладают следующими преимуществами: не бьются и не так боятся перегрева, так как при расчетной температуре, одинаковой с чугунными ( $270^{\circ}C$ ), допускают температуру до  $850^{\circ}C$ . Поэтому, несмотря на более высокую стоимость, они в настоящее время заменяют ящики с чугунными элементами.

Фехралевые резисторы применяются для подъемно-транспортных устройств, на электрическом транспорте, а также для приводов в разных отраслях промышленности.

Таблица 1

## Технические данные ящиков резисторов с чугунными элементами

№ ящика	Продолжительный ток (превышение температуры 270°С), А	Сопротивление ящика (холодное), Ом	Сопротивление элемента (холодное), Ом	Постоянная времени нагрева, с	Число элементов	Стандартные ящики		Крановые ящики	
						Тип ящика	Форма элемента	Тип ящика	Каталожный № элемента
5	215	0.1	0.005	850	20	ЯС - 100	НС - 400	Н	9015
7	181	0.14	0.007	820	20				9016
10	152	0.2	0.01	635	20				9017
14	128	0.28	0.014	555	20				9001
20	107	0.4	0.02	575	20				9018
28	91	0.56	0.028	432	20				9002
40	76	0.8	0.04	547	20				9003
55	64	1.1	0.055	408	20				9004
80	54	1.6	0.08	550	20				9005
100	46	2.2	0.11	423	20				9019
38	55	1.52	0.038	600	40				ЯС - 101
54	46	2.16	0.054	600	40	—			
75	39	3	0.075	532	40	9553			
105	33	4.2	0.105	400	40	9554			
140	29	5.6	0.140	530	40	9555			
200	24	8	0.2	386	40	—			
820	20	11.2	0.28	435	40	—			



Таблица 2

Технические данные ящиков резисторов типа КФ с фехралевыми элементами

Каталожный № ящика	Схемы соединения по рис. 2	Продолжительный ток (превышение температуры $270^{\circ}\text{C}$ ), А	Сопротивление ящика (холодное), Ом	Количество ступеней $\times$ сопротивление ступени, Ом	Сопротивление элемента, Ом	№ элемента	Постоянная времени нагрева T, с
50171	в	215	0.096	$5 \times 0.0192$	0.077	21	450
50172		181	0.1275	$5 \times 0.0255$	0.102	22	350
50173		152	0.2	$5 \times 0.04$	0.155	23	300
50174		128	0.2875	$5 \times 0.0575$	0.23	24	250
50161	а	107	0.385	$5 \times 0.077$	0.077	21	450
50162		91	0.51	$5 \times 0.102$	0.102	22	350
50163		76	0.8	$5 \times 0.16$	0.16	23	300
50164		64	1.15	$5 \times 0.23$	0.23	24	250
50165		54	1.6	$5 \times 0.32$	0.32	25	300
50166		46	2.1	$5 \times 0.42$	0.42	26	250
50167	б	39	$2.7 + 0.3$	$6 \times 0.45 + 1 \times 0.3$	0.6	27	300
50168		33	$3.78 + 0.42$	$6 \times 0.63 + 1 \times 0.42$	0.84	28	250

Таблица 3

Технические данные ящиков резисторов типа ЯС4 с фехралевыми элементами

Обозначение ящика	Продолжительный ток, А	Общее сопротивление ящика, Ом	Сопротивление ступеней, Ом							Число вы- водных зажимов	Постоянная времени на- грева Т, с
			P1 – P2	P2 – P3	P3 – P4	P4 – P5	P5 – P6	P6 – P7	P7 – P8		
ЯС4-0.098	215	0.0975	0.0204	0.0186	0.0186	0.0204	0.0195	–	–	6	200
ЯС4-0.125	181	0.125	0.024	0.026	0.026	0.024	0.025	–	–	6	270
ЯС4-0.189	152	0.189	0.0364	0.0391	0.0391	0.0364	0.0377	–	–	6	150
ЯС4-0.294	124	0.294	0.0575	0.06	0.06	0.0575	0.0587	–	–	6	220
ЯС4-0.39	107	0.39	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	–	–	6	200
ЯС4-0.5	91	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	–	–	6	270
ЯС4-0.755	76	0.755	0.151	0.151	0.151	0.151	0.151	–	–	6	150
ЯС4-1.175	62	1.175	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	–	–	6	220
ЯС4-1.56	54	1.56	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	–	–	6	210
ЯС4-2.05	46	2.05	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	–	–	6	230
ЯС4-3	38.5	3	0.445	0.46	0.44	0.455	0.455	0.44	0.305	8	150
ЯС4-4.075	33	4.075	0.604	0.626	0.596	0.619	0.619	0.596	0.415	8	110
ЯС4-5.4	28,5	5.4	0.773	0.859	0.81	0.798	0.798	0.81	0.552	8	50
ЯС4-6.85	24	6.85	1.02	1.05	1.0	1.04	1.04	1.0	0.7	8	70

Таблица 4

Технические данные ящиков резисторов типа ЯС100/2 с ленточными и проволочными элементами

Обозначение элемента	Продолжительный ток (превышение температуры 270° С), А	Сопротивление элемента, Ом	Число элементов в ящике	Сопротивление ящика, Ом	Постоянная времени нагрева Т, с	Материал
НС413/0.2	42	0.2	10	2	180	лента
НС413/0.26	37	0.26		2.6	180	
НС413/0.32	33	0.32		3.2	148	
НС413/0.4	30	0.4		4	132	
НС413/0.48	27	0.48		4.8	110	
НС413/0.64	23	0.64		6.4	100	
НС413/0.95	19	0.95		9.5	86	
НС413/1.3	16	1.3		13	75	
НС413/1.95	14	1.95		19.5	52	
НС414/0.7	22.3	0.7	10	7	286	проволока
НС414/0.9	19.9	0.9		9	237	
НС414/1.1	17.7	1.1		11	203	
НС414/1.26	16.7	1.26		12.6	187	
НС414/1.45	15.4	1.45		14.5	169	
НС414/1.95	13.8	1.95		19.5	132	
НС414/2.8	11.2	2.8		28	282	
НС414/3.5	10.1	3.5		35	235	
НС414/4.4	8.9	4.4		44	203	



Окончание табл. 4

Обозначение элемента	Продолжительный ток (превышение температуры 270° С), А	Сопротивление элемента, Ом	Число элементов в ящике	Сопротивление ящика, Ом	Постоянная времени нагрева T, с	Материал
НС414/5	8.4	5	10	50	200	проволока
НС414/5.8	7.7	5.8		58	168	
НС414/8	6.6	8		80	132	
НС414/12	5.4	12		120	175	
НС414/14	5.0	14		140	116	
НС414/18	4.4	18		180	132	
НС414/21.6	4.0	21.6		216	112	
НС414/27.6	3.5	27.6		276	104	
НС414/37	3.1	37		370	122	
НС414/48	2.7	48		480	104	
НС414/68	2.3	68		680	86.5	
НС414/96	1.9	96		960	75	
НС414/140	1.6	140		1400	67	
НС414/188	1.4	188		1880	62.8	
НС414/260	1.2	260		2600	41.5	

Таблица 5

Технические данные ящиков резисторов типа ЯСЗ с ленточными и проволочными элементами

Обозначение ящика	Продолжительный ток (превышение температуры 300°С), А	Сопротивление ящика, Ом	Количество ступеней × сопротивление ступени, Ом	Число элементов в ящике	Материал
ЯСЗ-0.64	23.4	7.04	11×0.64	11	лента
ЯСЗ-0.48	27	5.28	11×0.48		
ЯСЗ-0.4	29.5	4.4	11×0.4		
ЯСЗ-0.32	33	3.52	11×0.32		
ЯСЗ-0.26	36.6	2.86	11×0.26		
ЯСЗ-0.2	42	2.2	11×0.2		
ЯСЗ-260	1.2	2860	11×260	11	проволока
ЯСЗ-188	1.4	2068	11×188		
ЯСЗ-140	1.6	1056	11×140		
ЯСЗ-96	1.9	1056	11×96		
ЯСЗ-68	2.3	748	11×68		
ЯСЗ-48	2.7	528	11×48		
ЯСЗ-37	3.1	407	11×37		
ЯСЗ-27.6	3.5	303.6	11×27.6		
ЯСЗ-21.6	4.0	237.6	11×21.6		
ЯСЗ-18	4.4	198	11×18		
ЯСЗ-12	5.4	132	11×12		
ЯСЗ-8	6.6	88	11×8		
ЯСЗ-5.8	7.7	63.8	11×5.8		
ЯСЗ-4.4	8.9	48.4	11×4.4		
ЯСЗ-3.5	10.1	38.5	11×3.5		
ЯСЗ-2.8	11.2	30.8	11×2.8		
ЯСЗ-1.95	13.8	21.45	11×1.95		
ЯСЗ-1.45	15.4	15.95	11×1.45		
ЯСЗ-1.1	17.7	12.1	11×1.1		
ЯСЗ-0.9	19.9	9.9	11×0.9		
ЯСЗ-0.7	22.3	7.7	11×0.7		

В соответствии с компоновкой отдельных элементов промышленностью выпускается два вида блоков резисторов: нормализованные универсального назначения и специальные, заранее рассчитанные для использования в определенной схеме электропривода для определенных мощностей электродвигателя с учетом режима работы. Блоки резисторов компонуются из ленточных или проволочных элементов. Соответственно типы блоков имеют наименование БФ6 (мощность двигателя до 100 кВт) и БК12 (мощность двигателя до 15 кВт). Технические параметры блоков БФ6 приведены в табл. 6, а блоков БК12 в табл. 7

Таблица 6

## Нормализованные блоки резисторов типа БФ6

Каталожный номер	Ток продолжительного режима, А	Общее сопротивление ящика, Ом	Сопротивление ступеней, Ом								Число выводных зажимов
			1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8	8 – 9	
ИРАК434332.004-01	228	0.115	0.0215	0.017	0.017	0.0215	0.019	0.019	–	–	7
ИРАК434332.004-02	204	0.142	0.026	0.0215	0.0215	0.026	0.0235	0.0235	–	–	7
ИРАК434332.004-03	160	0.216	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	–	–	7
ИРАК434332.004-04	128	0.369	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615	–	–	7
ИРАК434332.004-05	114	0.474	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	–	–	7
ИРАК434332.004-06	102	0.576	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	–	–	7
ИРАК434332.004-07	80	0.876	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	–	–	7
ИРАК434332.004-08	64	1.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	–	–	7
ИРАК434332.004-09	57	1.92	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	–	–	7
ИРАК434332.004-10	51	2.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	–	–	7
ИРАК434332.004-11	40	3.5	0.44	0.435	0.435	0.44	0.44	0.435	0.435	0.44	9
ИРАК434332.004-12	36	4.784	0.6	0.596	0.596	0.6	0.6	0.596	0.596	0.6	9

Таблица 7

## Нормализованные блоки резисторов типа БК12

Каталожный номер	Ток продолжительного режима, А	Общее сопротивление ящика, Ом	Сопротивление ступеней, Ом						Число выводных зажимов
			1 – 2 2 – 3	3 – 4 4 – 5	5 – 6 6 – 7	7 – 8 8 – 9	9 – 10 10 – 11	11 – 12	
ИРАК434331.003-01	8.5	52.8	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	8.8	12
ИРАК434331.003-02	21.2	8.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.4	12
ИРАК434331.003-03	18.3	11.7	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	1.95	12
ИРАК434331.003-04	14.5	17.4	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	2.9	12
ИРАК434331.003-05	13	23.4	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	3.9	12
ИРАК434331.003-06	2.8	33.6	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	5.6	12

## 2. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Составление схем соединения элементов является последней стадией расчета резисторов, и к ней приступают лишь после определения сопротивлений секций и эквивалентных по превышению температуры продолжительных токов.

Число соединений (перемычек) между элементами и ящиками резисторов должно быть минимальным, так как соединения усложняют монтаж и замену ящиков резисторов. По этим причинам желательно обходиться последовательным соединением элементов без параллельных ветвей. Но это практически не возможно, так как они нужны для разветвления больших токов по условиям нагрева и для получения требуемых сопротивлений секций. Особенно часто параллельные ветви приходится применять для крупных двигателей, для которых соединяются последовательно не только отдельные элементы, но нередко по несколько комплектных ящиков.

На рис. 3 показаны схемы резисторов с последовательным, параллельным и смешанным соединением звеньев.

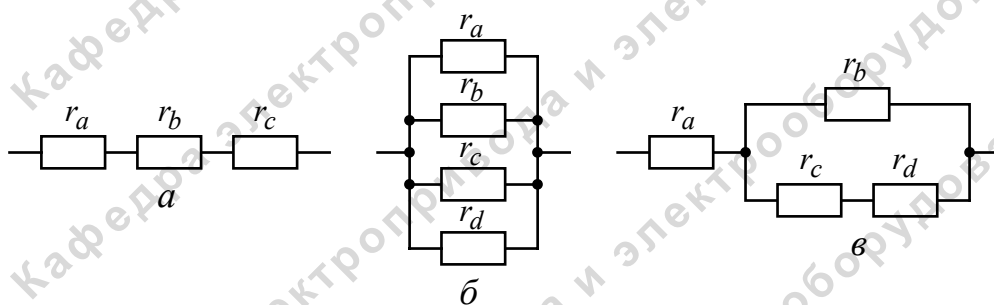


Рис. 3. Схемы секций резисторов с последовательным (а), параллельным (б) и смешанным (в) соединениями звеньев

Общее сопротивление секции при последовательном соединении звеньев (рис. 3, а) равно

$$r = r_a + r_b + r_c,$$

при параллельном соединении (рис. 3, б)

$$r = \frac{1}{\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} + \frac{1}{r_c} + \frac{1}{r_d}},$$

при смешанном соединении (рис. 3, в)

$$r = r_a + \frac{1}{\frac{1}{r_b} + \frac{1}{r_c + r_d}}.$$