

# ВАКУУМНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ JENNINGS



Компания Jennings Technology – всемирно известный лидер в производстве вакуумных компонентов – выпускает широкий спектр изделий, включая конденсаторы и реле, вакуумные прерыватели и контакторы, вакуумные коаксиальные реле, переключающие матрицы, а также тестовое и измерительное оборудование.

А.Головин  
a-golovin@mail.ru

ным диэлектриком, они имеют значительно большие удельные емкости, меньшие потери в широком диапазоне частот, более высокую электрическую прочность и стабильность параметров при изменении условий окружающей среды. По сравнению с газонаполненными конденсаторами, требующими периодической подкачки газа, вакуумные конденсаторы имеют более простую и легкую конструкцию, меньшие потери и лучшую температурную стабильность; они более устойчивы к вибрации, выдерживают более высокое значение реактивной мощности.

Вакуумные конденсаторы переменной емкости широко применяются в мощных передающих устройствах ДВ-, СВ- и КВ-диапазонов на частотах до 30–80 МГц в качестве контурных (например, емкостные ветви П-контуров радиоретрансляторных передатчиков мощностью 2000 кВт), блокировочных, фильтровых и разделительных конденсаторов, они используются также в качестве накопителей в импульсных искусственных линиях формирования и различного рода мощных высоковольтных высокочастотных установках.

Компания Jennings Technology первой в мире начала разработку и производство вакуумных конденсаторов переменной емкости и подтверждает их надежность и качество на протяжении вот уже более 50 лет. В настоящее время в компании работают более 140 сотрудников, также она имеет множество представителей и дистрибьюторов по всему миру.

Jennings Technology предлагает обширный выбор мощных вакуумных конденсаторов в керамических корпусах: постоянной емкости, переменной емкости с ручной и автоматизированной регулировкой, антимагнитные. Из конденсаторов с газообразным диэлектриком наиболее популярны вакуумные конденсаторы. По сравнению с конденсаторами с воздуш-

Таблица 1. Конденсаторы переменной емкости 30–100 пФ

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CADC-30-10S	30	3	10	6,0	19	4,62	1,30	117,44	33,27	1,3
CADC-30-7.5S	30	3	7,5	4,5	18	4,62	1,3	117,44	33,27	1,3
CADD-30-0115	30	3	15	9,0	20	4,12	1,30	104,65	33,27	1,3
CAEC-30-25S	30	3	25	15	5,88	5,88	1,34	149,40	34,04	1,5
CAEC-30-30S	30	3	30	18	37	5,88	1,34	149,40	34,04	1,5
CAEC-30-35S	30	3	35	21	37	5,88	1,34	149,40	34,04	1,5
CVDD-30-0015	30	3	15	9,0	20	4,31	2,12	109,47	56,10	1,3
CVDD-50-15S	50	6,5	15	9,0	60	5,44	2,44	138,18	61,96	1,3
CVDD-50-7.5S	50	6,5	7,5	4,5	30	5,44	2,44	138,18	61,96	1,3
CVFA-75-0025	75	7	25	15	42	8,75	2,66	222,25	67,56	2,5
CVFA-75-0030	75	7	30	18	50	8,75	2,66	222,25	67,56	2,5
C/GCS-100-10S	100	5	10	6,0	40	4,75	2,12	120,65	53,85	NA
C/GCS-100-15S	100	5	15	9	45	4,75	2,12	120,65	53,85	NA
CVDD-100-10S	100	10	10	6,0	60	6,62	2,44	168,15	61,96	1,3
CVDD-100-7.5S	100	10	7,5	4,5	55	6,62	2,44	168,15	61,96	1,3

**Таблица 2. Конденсаторы переменной емкости 110–200 пФ**

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CACA-125-0003	125	5	3,0	1,8	20	4,15	1,31	105,41	33,27	33,27
CACA-125-0005	125	5	5,0	3,0	22	4,15	1,31	105,41	33,27	33,27
CVDD-150-0107	150	10	7,5	4,5	55	6,62	2,81	168,10	71,40	71,40
CVDD-150-0110	150	10	10	6,0	60	6,62	2,81	168,10	71,40	71,40
CVDD-150-0115	150	10	15	9,0	65	6,62	2,81	168,10	71,40	71,40

Вакуумный конденсатор состоит из двух коаксиальных цилиндрических электродов, помещенных в стеклянный или алюминий-керамический баллон, в котором создается высокий вакуум, что позволяет повысить рабочие напряжения. Наименьшими потерями эти конденсаторы обладают в диапазоне частот 1–2 МГц, где добротность конденсатора достигает 10000. С увеличением частоты возрастают потери в выводах конденсатора и его диэлектрике, таким образом, добротность конденсатора понижается.

Вакуумные конденсаторы переменной емкости наряду с основными параметрами, характерными для других видов конденсаторов, имеют дополнительные характеристики, учитывающие особенности их назначения и конструктивное исполнение. Вместо параметра "номинальная емкость" используются параметры "максимальная емкость" и "минимальная емкость", т.е. максимальное и минимальное значение емкости конденсатора, которое может быть получено перемещением его подвижной системы. Специфическими параметрами подстроечных и переменных конденсаторов являются момент вращения, скорость перестройки емкости и износоустойчивость. Момент вращения – минимальное время, необходимое для непрерывного перемещения подвижной системы конденсатора. Скорость перестройки емкости влияет на надежность и прочность конденсатора. В нормативной документации скорость перестройки емкости вакуумных конденсаторов ограничивается 5–30 циклами в минуту. Под циклом перестройки емкости понимается перестройка емкости от минимальной до максимальной и обратно. Количество допустимых циклов перестройки емкости определяет износоустойчивость конденсатора.

Под износоустойчивостью понимают способность конденсатора сохранять свои параметры при многократных вращениях подвижной системы. Износоустойчивость и скорость перестройки емкости конденсатора зависят от его конструкции, свойств примененных материалов и технологии изготовления.

Для вакуумных конденсаторов наиболее важным параметром является электрическая прочность. Этот термин не следует отождествлять с определением электрической прочности диэлектрика, принятым в теории диэлектриков. Для конденсаторов термин "электрическая прочность" следует понимать условно, как способность конденсаторов определенное время (обычно небольшое, до нескольких минут) выдерживать

приложенное к нему напряжение, которое выше номинального (в приведенных здесь таблицах обозначено как "максимально допустимое") без изменения его эксплуатационных характеристик и пробоя диэлектрика.

Вакуумные конденсаторы переменной емкости Jennings выпускаются в широком стандартном ассортименте (табл. 1–7) и имеют следующие основные электрические параметры: диапазон емкостей – 2–5000 пФ; рабочее напряжение (тестовое напряжение – максимально допустимое) – до 150 кВ; рабочий ток – до 1000 А.

Основные преимущества этих конденсаторов: долгий срок службы (срок эксплуатации: 3–10 или более лет, в зависимости от режимов и интенсивности использования); высокая надежность; высокие номинальные значения напряжения; высо-

**Таблица 3. Конденсаторы переменной емкости 250–500 пФ**

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
C/VMMHC-250-55S	250	10	55	33	220	16,25	7,6	412,8	193	13
C/VMMCH-450-55S	450	25	55	33	220	16,25	7,6	412,8	193	13
CACA-250-0005	250	5	5,0	3,0	22	4,27	1,31	108,46	33,27	1,5
CVCD-250-3S	250	5	3,0	1,8	30	6,00	2,44	152,40	61,98	1,5
CVFP-250-30S	250	15	30	18	140	9,60	5,56	243,84	142,80	5,6
CVFP-250-40S	250	15	40	24	160	9,60	5,56	243,84	142,80	5,6
CVHP-250-50S	250	10	50	30	200	11,90	7,20	302,26	182,88	13
CSV1-300-0103	300	8	3,0	1,8	30	5,35	2,38	60,33	135,89	17
CVDD-300-15S	300	10	15	9,0	85	7,50	3,40	191,00	87,40	1,8
CVDD-400-15S	400	20	15	9,0	80	7,50	3,40	191,00	87,40	2,7
CVFP-450-30S	450	25	30	18	150	9,60	5,56	243,84	141,22	6,8
CVHP-450-50S	450	25	50	30	210	11,90	7,20	302,26	182,88	8,4
CWV3-450-0045	450	15	45	27	725	16,50	7,60	419,10	193,04	17
CSV1-500-0003	500	5	3,0	1,8	40	5,75	2,35	146,05	59,69	2,0
CSVF-500-0010	500	12	10	6,0	60	7,88	3,50	200,15	88,90	2,3
CSVS-500-0003	500	5	3,0	1,8	40	5,75	2,35	146,05	60,50	2,0
CVCD-500-5S	500	5	5,0	3,0	55	6,00	2,44	152,40	61,98	1,5
CVFP-500-20S	500	25	20	12	160	9,13	5,60	231,90	142,80	6,0

кие номинальные значения тока; большая скорость настройки; широкие диапазоны настройки; самовосстановление; большой срок службы; небольшие размеры; малый вес; неограниченный срок хранения (компания Jennings рекомендует один раз в год проводить тестирование конденсаторов на соответствие значениям вакуума и напряжения); диапазон темпе-

ратур хранения 13–30°C; диапазон рабочих температур от -38 до 50°C; максимальная рабочая температура 125°C при обязательном конвекционном охлаждении; гарантийный срок три года с момента поступления изделий заказчику.

Эксплуатационная надежность конденсаторов во многом определяется правильным выбором их типов при проекти-

**Таблица 4 . Конденсаторы переменной емкости 600–750 пФ**

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CAV3-650-0045	650	30	45	27	375	11,90	7,56	302,30	193,00	13
CAV3-650-0050	650	30	50	30	400	11,90	7,56	302,30	193,00	13
CAV3-650-0055	650	30	55	33	425	11,90	7,56	302,30	193,00	13
CVHP-650-45S	650	30	45	27	220	11,90	7,20	302,26	182,88	13
CVHP-650-50S	650	30	50	30	230	11,90	7,20	302,26	182,88	13
CVHP-650-55S	650	30	55	33	240	11,90	7,20	302,26	182,88	13
CWV3-650-0140	650	30	40	24	760	16,50	7,60	419,00	193,00	17
CWV3-650-0145	650	30	45	27	780	16,50	7,60	419,00	193,00	17
CWV3-650-0150	650	30	50	33	800	16,50	7,60	419,00	193,00	17
CVDD-750-10S	750	25	10	6,0	140	8,00	4,56	203,20	115,82	4,2
CVDD-750-15S	750	25	15	9,0	150	8,00	4,56	203,20	115,82	4,2
CVDD-750-7.5S	750	25	7,5	4,5	130	8,00	4,56	203,20	115,82	4,2
CVFP-750-30S	750	20	30	18	200	11,70	7,20	297,18	182,88	9,0
CVFP-750-35S	750	20	35	21	210	11,70	7,20	297,18	182,88	9,0
CVFP-750-40S	750	20	40	24	220	11,70	7,20	297,18	182,88	9,0

**Таблица 5 . Конденсаторы переменной емкости 1000–1500 пФ**

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CVFP-1000-35S	1000	35	35	21	220	11,70	7,20	297,18	182,88	10
CAV2-1000-0040	1000	35	40	24	425	11,70	7,56	297,20	193,00	13
CAV3-1000-0040	1000	40	40	24	480	14,50	8,56	368,30	218,00	13
CSV1-1000-0003	1000	10	3,0	1,8	65	5,00	3,12	127,00	79,25	2,0
CVCD-1000-5S	1000	10	5,0	3,0	80	7,10	3,44	180,34	87,38	2,5
CVCJ-1000-5S	1000	7	5	3,0	70	7,56	3,07	192,02	77,98	2,2
CVDD-1000-15S	1000	25	15	9,0	150	8,00	4,56	203,20	115,82	4,2
CVEP-1000-20S	1000	50	20	12	180	10,20	7,20	259,08	182,88	9,2
CVFP-1000-40S	1000	35	40	24	225	11,70	7,20	297,18	182,88	10
CVHP-1000-50S	1000	60	50	30	250	14,50	8,00	368,30	203,20	12
CWV5-1000-0050	1000	100	50	30	700	17,90	8,56	455,00	218,00	18
CWV5-1300-0150	1300	40	50	30	750	21,70	8,56	550,00	218,00	–
CAV2-1500-0025	1500	100	25	15	425	13,80	7,56	350,50	192,00	13
CVCD-1500-5S	1500	10	5,0	3,0	100	7,10	3,44	180,34	87,38	2,5
CVDP-1500-15S	1500	35	15	9,0	160	9,80	5,56	248,92	141,22	8,0
CVEP-1500-15S	1500	100	15	9,0	200	10,20	7,20	259,08	182,88	13
CVFP-1500-35S	1500	100	35	21	220	13,80	7,20	350,52	182,88	10

ровании аппаратуры и использовании их в режимах, не превышающих допустимые. Для правильного выбора конденсаторов необходимо на основе анализа требований к аппаратуре определить: значения номинальных параметров и допустимые их изменения в процессе эксплуатации (емкость, напряжение, сопротивление изоляции и др.); допустимые режимы и рабочие электрические нагрузки (диапазон рабочих частот, амплитуда и частота переменной составляющей напряжения, реактивная мощность, параметры импульсного режима и др.); эксплуатационные факторы (диапазон рабочих температур, величины механических нагрузок и относительной влажности окружающей среды и др.); показатели надежности, долговечности и сохраняемости; конструкцию конденсаторов, способы монтажа, габариты и массу.

В целях повышения надежности и долговечности конденсаторов лучше использовать их при менее жестких, нежели допустимые, нагрузках и облегченных режимах.

Чтобы снизить воздействие механических нагрузок на емкость вакуумных переменных конденсаторов, рекомендуется располагать их в аппаратуре таким образом, чтобы направление максимального ускорения совпадало с осью конденсаторов.

Если конденсаторы применяются в аппаратуре, которая подвергается воздействию механических нагрузок, превышающих допустимые по ТУ, следует применять амортизирующие устройства. Во избежание перегрева, вызванного ухудшением теплоотвода в условиях пониженного атмoс-

Таблица 6. Конденсаторы переменной емкости 1600–2000 пФ

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CVHC-1600-30S	1600	100	30	18	440	17,80	8,20	452,12	208,23	NA
CVFP-2000-30S	2000	100	30	18	215	14,50	8,20	368,30	208,28	12
CVHC-1600-40S	1600	100	40	24	480	17,80	8,20	452,12	208,28	NA
CWV1-1600-0060	1600	100	60	36	1000	23,00	12,60	584,20	320,04	NA
CWV2-1600-0030	1600	100	30	18	750	25,00	8,56	635,00	217,42	24
CWV2-1600-0040	1600	100	40	24	790	25,00	8,56	635,00	217,42	24
CWV3-1600-0140	1600	100	40	24	1000	25,00	8,56	635,00	217,42	13
CWV4-1600-0055	1600	100	55	33	1000	21,50	12,90	546,10	327,70	17
CAV2-2000-0025	2000	100	25	15	335	14,50	8,56	368,30	217,00	17
CAV2-2000-0035	2000	100	35	21	375	14,50	8,56	368,30	217,00	17
CVCD-2000-5S	2000	20	5,0	3,0	100	7,10	3,44	180,34	87,38	2,5
CVFP-2000-15S	2000	100	15	9,0	200	10,20	7,20	259,08	182,88	13
CVFP-2000-35S	2000	100	35	21	220	14,50	8,20	368,30	208,28	12

Таблица 7. Конденсаторы переменной емкости 2050–5000 пФ

Модель, марка	Емкость, пФ		Напряжение, кВ		Ток, А	Номинальные размеры				Момент вращения, фунтов-дюйм
	макс.	мин.	макс. доп.	макс. раб.		дюймы		миллиметры		
						длина	диаметр	длина	диаметр	
CWV4-2050-0040	2050	100	40	24	1000	25,00	12,90	635,00	327,70	18
CVDP-2300-10S	2300	50	10	60	180	9,80	5,56	248,92	141,22	8,0
CVDP-2300-15S	2300	50	15	9,0	200	9,80	5,56	248,92	141,22	8,0
CVDP-2300-7.5S	2300	50	7,5	4,5	160	9,80	5,56	248,92	141,22	8,0
CVCD-3000-3S	3000	50	3,0	1,8	90	8,25	4,56	209,55	115,82	1,7
CVCD-3000-5S	3000	50	5,0	3,0	100	8,25	4,56	209,55	115,82	1,7

ферного давления у конденсаторов с большими удельными мощностями рассеивания (150 Вт/м<sup>2</sup> и выше), необходимо снижать допустимую мощность рассеивания до значений, указанных в нормативной документации.

В условиях воздействия инея и росы низковольтные конденсаторы сохраняют свою работоспособность, но снижают сопротивление изоляции (до сотен килоом), а высоковольтные – в ряде случаев становятся неработоспособными из-за снижения электрической прочности. Влияние инея и росы на конденсаторы носит обратимый характер – после испарения росы электрические характеристики восстанавливаются до исходных показателей. Лаки, эмали, компаунды не предохраняют конденсаторы от шунтирующего влияния росы.

Снизить воздействие инея и росы позволяет уплотнение или герметизация аппаратуры с применением влагопоглотителей внутри блока.

Перед установкой вакуумных конденсаторов в аппаратуру, а также после перерыва в работе аппаратуры на срок более месяца необходимо проверять электрическую прочность конденсаторов путем плавного повышения напряжения от нуля до номинального и выдержкой при этом напряжении в течение

1 мин. В процессе проверки в конденсаторах не должно быть пробоев. При возникновении пробоев нужно проводить тренировку конденсатора, постепенно повышать напряжение от нуля до испытательного значения. В случае возникновения пробоев в конденсаторе следует делать выдержку до их прекращения и только после этого повышать напряжение. По достижении испытательного значения напряжение снижают до номинального, выдерживают конденсатор под этим напряжением в течение 1 мин и снижают напряжение до нуля. Общее время тренировки не должно превышать 45 мин.

Возможно изготовление конденсаторов переменной емкости Jennings по требованию заказчиков с особыми электрическими и техническими характеристиками.

Авторизованным партнером Jennings Technology по специальным проектам в России и странах СНГ является компания "Техника и Технология" ([www.ttplus.ru](http://www.ttplus.ru)). ЗАО "Техника и Технология" работает с 1994 года, и в качестве дистрибьютора поставляет электронные компоненты от основных производителей России и СНГ. На рынке также представлен большой ассортимент электронных компонентов зарубежных производителей, многие из которых являются партнерами компании "Техника и Технология".