

Глава III. КОНСТРУКЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
СИЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

§ 15. Элементы конструкции и режимы работы
силовых конденсаторов

К силовым относят главным образом бумажные и бумажно-пленочные конденсаторы, пропитанные жидкими диэлектриками и предназначенные для непосредственного включения в распределительных сетях и линиях пере-



дачи низкого и высокого напряжений постоянного и переменного токов, а также для различного рода силовых и испытательных установок.

Основными элементами конструкции, общими для силовых конденсаторов, являются выемная часть, состоящая из одного или нескольких пакетов 3, корпус 1 конденсатора и выводы 2 (рис. 11).

Пакет собирают из отдельных плоскопрессованных секций 4, представляющих собой единичные конденса-

ры одинаковой емкости. При сборке пакета секции пресуют и в запрессованном состоянии закрепляют с помощью стяжных хомутов или изоляционных планок. В зависимости от типа конденсатора секции в пакете соединяют по определенной схеме перепайкой токоподводов. В конденсаторах большой емкости и низкого напряжения секции соединяют параллельно, а в конденсаторах высокого напряжения — последовательно.

Для обеспечения большой емкости и высокого рабочего напряжения конденсатора применяют параллельно-последовательное соединение секций в пакете. Если выемная часть конденсатора состоит из нескольких пакетов, их соединяют друг с другом, как и секции в пакете, одним из указанных выше способов. Секции, из которых собирается пакет, наматываются на специальных станках и состоят из двух тонких лент алюминиевой фольги (обкладок); между этими лентами проложено необходимое число листов конденсаторной бумаги и пленки. В конденсаторах с параллельным соединением секций секции в пакетах соединяют через плавкие предохранители, служащие для отключения дефектных (пробитых) секций в условиях эксплуатации. Предохранители выполняют из тонких медных луженых проволочек диаметром 0,1—0,35 мм. В зависимости от типа конденсаторов предохранители изготавливают трех видов:

для конденсаторов с рабочим напряжением до 1050 В — в виде прямых проволочек;

для конденсаторов с более высоким напряжением — зигзагообразной формы, так как расчетная длина проволочки велика и она не может быть нормально размещена по месту пайки;

для импульсных конденсаторов, имеющих большие разрядные токи, проволочку предохранителя наматывают на изоляционную оправку, покрывают бакелитовым лаком и запекают. Лак закрепляет проволочку на оправке и предохраняет от разрушения при воздействии динамических усилий, возникающих в момент разряда конденсатора. Иногда во избежание загрязнения пропиточной жидкости продуктами разложения, образующимися при перегорании предохранителей, их помещают в межсекционные прокладки.

Общие требования, предъявляемые к плавким предохранителям, которые устанавливают внутри конденсатора, следующие:

в случае пробоя диэлектрика между обкладками предохранитель должен сгорать мгновенно, отключая пробитую секцию без повреждения конденсатора;

при включении конденсатора на напряжение сети не должно быть повреждения предохранителей вследствие протекания зарядного тока;

при возникновении коротких замыканий в линии предохранители не должны разрушаться под действием разрядного тока;

предохранители не должны разрушаться при длительных перегрузках конденсаторов током, превышающим номинальный в 1,3 раза;

предохранители не должны разрушаться от кратковременных перегрузок током, возникающих при испытаниях повышенным напряжением на заводе-изготовителе.

Выполнение указанных требований обеспечивается выбором проволочки предохранителя соответствующей длины и диаметра. Длина проволочки зависит от величины напряжения, а ее диаметр — от предельных значений тока конденсатора.

Корпуса силовых конденсаторов изготавливают из металла (листового) и из электроизоляционных материалов (бакелизированной бумаги, электрофарфора и пластмасс). Основное назначение корпуса — обеспечить механическую прочность конструкции конденсатора и его герметичность во избежание вытекания пропитывающей жидкости и попадания влаги и воздуха внутрь конденсатора. Кроме того, металлические корпуса обеспечивают отвод тепла при нагреве конденсатора и компенсацию температурного изменения объема пропитывающей жидкости благодаря упругой деформации стенок.

Для подъема конденсаторов при транспортировке и монтаже на их корпусах предусмотрены ручки, скобы или крюки. На торцевой стороне корпуса крепят табличку с техническими данными конденсатора. Для заземления конденсаторов на крышках металлических корпусов обычно приваривают скобу с болтом. Корпуса конденсаторов покрывают краской, стойкой к атмосферным воздействиям.

Пакеты должны быть изолированы от металлического корпуса в зависимости от класса изоляции конденсатора. Если один вывод конденсатора соединен с корпусом, изолируют те части пакета, которые могут находиться относительно корпуса под напряжением.

В конденсаторах с корпусами из изоляционного материала необходимость в изоляции пакета от корпуса отпадает, но такие корпуса имеют плохую теплопроводность стенок, а их жесткость не обеспечивает компенсации температурного изменения объема пропитывающей жидкости. Поэтому часто предусматривают расширители для поддержания избыточного давления внутри конденсатора в заданных пределах. Применение корпусов из изоляционного материала позволяет разрабатывать конструкции конденсаторов с более высоким рабочим напряжением по сравнению с однотипными конденсаторами в металлических корпусах.

Выводы служат для подключения конденсатора к электрической сети. В металлических корпусах выводы соединяют с отводами пакетов и через проходные армированные фарфоровые изоляторы выводят наружу. Изоляторы герметично припаиваются к крышке корпуса и служат для изоляции выводов от корпуса. Конденсаторы в изоляционных цилиндрических корпусах имеют соединенные с отводами пакетов металлические крышки, которые и служат выводами. Поэтому для таких корпусов необходимость в выводных изоляторах отпадает. При необходимости выводы выполняют в виде проходных шпилек, укрепленных на стенках изоляционного корпуса.

Хорошее качество конденсаторов может быть обеспечено только при их надежной герметизации, поскольку проникновение влаги и воздуха из окружающей среды внутрь конденсатора резко ухудшает его электрические характеристики и приводит к выходу из строя.

По характеру режима работы и роду напряжения силовые конденсаторы можно разделить на четыре группы: конденсаторы, работающие в режиме длительного воздействия напряжения переменного тока промышленной частоты, изоляция которых должна быть рассчитана на тепловой пробой, а конструкция — обеспечивать достаточно хороший отвод тепла во внешнюю среду;

конденсаторы, работающие в режиме длительного воздействия переменного тока повышенной частоты; к их особенностям относятся большие токи и потери мощности, в связи с чем в конструкции предусматривается искусственное охлаждение для отвода тепла;

конденсаторы, работающие при напряжении постоянного тока с наложением переменной составляющей или без нее, изоляция которых не рассчитана на тепловой про-

бой; однако их конструкция должна обеспечивать надежную работу при более высоких напряженностях электрического поля для заданного срока службы конденсаторов;

конденсаторы, работающие в режиме заряд — разряд. Токи при разряде могут достигать очень больших значений. Поэтому -токоведущие части рассчитывают как на силу тока, так и на механическую прочность из-за наличия больших динамических нагрузок. Напряженности электрического поля выбирают высокими. Кроме того, при достаточно большой частоте заряд—разрядов режим работы этих конденсаторов может оказаться тяжелым в тепловом отношении. В таком случае конструкцию рассчитывают на тепловой пробой.

Рабочая температура диэлектрика силовых конденсаторов зависит от вида пропитывающей жидкости и составляет от -60 до $+90^{\circ}\text{C}$.

§ 16. Конденсаторы для повышения коэффициента мощности. Конденсаторные установки

Основными потребителями электроэнергии на промышленных предприятиях являются такие индуктивные приемники, как асинхронные электродвигатели, трансформаторы, индукционные установки и т. д. Работа этих приемников связана с потреблением реактивной энергии для создания электромагнитных полей. Реактивная энергия не производит полезной работы, а циркулируя между приемником и источником тока, приводит к дополнительной нагрузке линий электропередачи и генераторов и, следовательно, снижает коэффициент мощности сети.

Снижение коэффициента мощности увеличивает потери электроэнергии на нагревание кабелей и проводов сети, а также обмоток электрических машин, ведет к необходимости повышения кажущейся мощности генераторов и трансформаторов на станциях, увеличивает колебания напряжения сети, а также влечет за собой неполное использование мощности первичных двигателей.

Для повышения коэффициента мощности применяют силовые конденсаторы серий КС и КСК, являющиеся наиболее выгодными источниками получения реактивной мощности. Стоимость конденсаторов окупается в первые годы их эксплуатации.

Таблица 4. Номинальные напряжения и мощности конденсаторов для повышения коэффициента мощности при температуре 40° С

Серия	Тип	Категория, исполнение	Номинальная мощность, квар, при напряжении, кВ							
			0,23	0,38	0,50	0,66	1,05	3,15	6,30	10,50
II	КС1	У1	6,5	—	—	16,0	—	—	—	—
		У3	6,5	18,0	18,0	20,0	—	—	—	—
	КС2	У1	13,0	—	—	32,0	—	—	—	—
		У3	13,0	36,0	36,0	40,0	—	—	—	—
III	КС1	У1	9,0	20,0	—	20,0	—	30,0	30,0	30,0
		У3	9,0	25,0	—	25,0	—	37,5	37,5	37,5
	КС2	У1	18,0	40,0	—	40,0	—	60,0	60,0	60,0
		У3	18,0	50,0	—	50,0	—	75,0	75,0	75,0
IV	КС1	У1	—	—	—	—	—	37,5	37,5	37,5
		У3	—	—	—	—	—	50,0	50,0	50,0
	КС2	У1	—	—	—	—	—	75,0	75,0	75,0
		У3	—	—	—	—	—	100,0	100,0	100,0
	КС0	У1	—	—	—	—	—	—	—	—
		У3	4,0	12,5	—	12,5	—	25,0	25,0	25,0
V	КСК1	У1	—	—	—	40	63	75	75	75
		ХЛ1	—	—	—	—	—	—	—	—
	КСК2	У1	—	—	—	80	125	150	150	150
		ХЛ1	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. В маркировке конденсаторов буквы и цифры означают: К — косинусный, С — пропитанный синтетической жидкостью, К — комбинированный (бумажно-пленочный) диэлектрик; 0, 1 и 2 — габарит конденсатора (соответственно нулевой, первый и второй).

В соответствии с ГОСТ 1282—79 конденсаторы для повышения коэффициента мощности электроустановок переменного тока частоты 50 Гц выпускают для длительной эксплуатации в районах с умеренным климатом в наружных и внутренних установках и окружающей температуре 40, 45 и 50° С. Конденсаторы изготовляют в корпусах из листовой стали прямоугольной формы нулевого, первого и второго габаритов. При одинаковом основании 380 x 120 мм корпуса имеют высоту 185, 325 и 640 мм. Номинальные напряжения и мощности конденсаторов приведены в табл. 4. Для работы при температурах 45 и 50° С, а также в условиях тропического климата мощности конденсаторов снижаются.

Конденсаторы на номинальные напряжения 1,05; 3,15; 6,3 и 10,5 кВ изготовляют в однофазном исполнении, на напряжения 0,66 кВ и ниже — чаще трехфазными, для чего секции в пакете делят на три группы (фазы) и соединяют по схеме треугольника. В конденсаторах на номинальное напряжение 1,05 кВ и ниже все секции соединены параллельно и каждая снабжена встроенным внутри конденсатора плавким предохранителем. В случае пробоя отдельных секций конденсатор продолжает работать при незначительном снижении емкости. В конденсаторах на номинальное напряжение 3,15; 6,3 и 10,5 кВ соединение секций в пакетах смешанное.

Конденсаторы однофазного исполнения изготовляют как с двумя изолированными выводами, так и с выводами, один из которых соединен с корпусом. Для снижения напряжения на выводах конденсатора после его отключения от источника напряжения до безопасного внутрь конденсатора устанавливают разрядные резисторы.

Сопротивление резисторов выбирают исходя из требований техники безопасности. Разрядные резисторы должны снижать (после отключения конденсаторов) амплитудное значение номинального напряжения до 0,05 кВ за время не более 1 мин для конденсаторов 0,66 кВ и ниже и за время не более 5 мин для конденсаторов свыше 0,66 кВ. Общий вид некоторых конденсаторов КС и КСК показан на рис. 12.

Для повышения коэффициента мощности силовых промышленных установок конденсаторы подключают параллельно индуктивным приемникам. При напряжении до 10 кВ конденсаторы выбирают на номинальное напряжение сети. На более высокие напряжения сети батареи

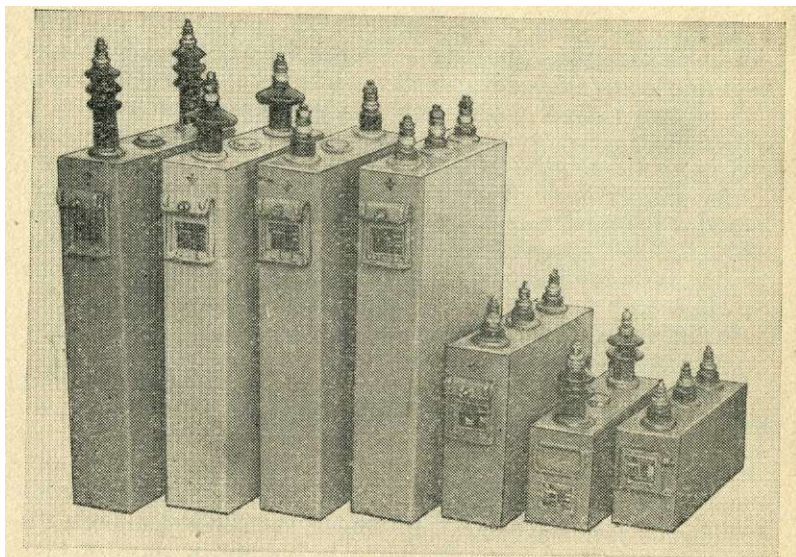


Рис. 12. Конденсаторы КС и КСК



Рис. 13. Конденсаторная батарея на Михайловской преобразовательной подстанции ЛЭП

комплекуют с последовательным или последовательно-параллельным соединением конденсаторов. Мощность отдельных конденсаторных батарей может достигать нескольких сотен тысяч киловольт-ампер реактивных. Комплектацию мощных батарей производят блоками, изготавливаемыми непосредственно на конденсаторных заводах. Одна из мощных батарей на напряжение 220 кВ мощностью 220 тыс. квар, сооруженная на Михайловской преобразовательной подстанции ЛЭП 800 кВ постоянного тока Волгоград—Донбасс, показана на рис. 13.

В настоящее время серийно выпускают комплектные конденсаторные установки на номинальное напряжение

Таблица 5. Основные технические данные некоторых комплектных конденсаторных установок, выпускаемых серийно

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, квар	Количество ступеней регулирования, шт.	Мощность ступени, квар	Масса, кг	Габариты, мм
УК2-0,38-50У3	0,38	50	—	—	72	375×430×650
УК4-0,38-100У3	0,38	100	—	—	140	785×430×650
УКН-0,38-216-108У3	0,38	216	2	108	575	1900×500×1600
УКН-0,38-450-150У3	0,38	450	3	150	1130	2600×500×160
УКБН-0,38-200-50У3	0,38	200	4	50	365	800×440×1685
УКБ-0,38-300У3	0,38	300	—	—	440	580×460×1990
УКБТ-0,38-150У3	0,38	150	1	150	290	630×520×1440
УКТ-0,38-75У3	0,38	75	1	75	175	700×560×1200
УКН-0,38-150-50У3	0,38	150	3	50	335	1200×500×1600
УКН-0,38-300-50У3	0,38	300	6	50	575	1900×500×1600
УКС-6,3-90У1	6,30	90	—	—	130	750×450×1500
УК-6,3-450У3	6,30	450	—	—	670	2140×800×1800
УК-6,3-1125У3	6,30	1125	—	—	1405	4240×800×1800
УК-10,5-900У3	10,50	900	—	—	1160	3540×800×1800
УК-6,3-400У1	6,30	400	—	—	770	2160×820×2060
УК-10,5-600У1	10,50	600	—	—	1100	2160×820×2060

Примечание. В маркировке установок буквы и цифры означают: УК — установка конденсаторная; 2, 4 после УК — количество конденсаторов, которые могут быть включены самостоятельно; буквы (после УК): Б — бесшкафная конструкция, Н — регулирование по напряжению, Т — регулирование по току, С — столбовые; первое число после букв — напряжение установки в киловольтах; второе — мощность установки в квар; третье — мощность ступени регулирования в квар; буква У — исполнение (для умеренного климата), последняя цифра — категорию (1 — для наружного размещения, 3 — для внутреннего размещения).

0,38—10,5 кВ мощностью до 1200 квар для внутренней и наружной установок. Основные технические данные конденсаторных установок приведены в табл. 5.

Конденсаторные установки представляют собой металлические шкафы, в которых смонтированы серийно выпускаемые конденсаторы с аппаратурой коммутации, защиты и автоматического регулирования реактивной мощности.

При использовании комплектных установок исключается необходимость монтажа батарей конденсаторов на месте их установки, ускоряется ввод конденсаторов в эксплуатацию, и повышается надежность их работы. Одновременно улучшаются условия обслуживания конденсаторов. Ввиду экономической эффективности выпуск комплектных конденсаторных установок непрерывно возрастает.

§ 17. Конденсаторы для продольной компенсации реактивного сопротивления линий электропередачи

Любая линия электропередачи обладает индуктивностью. Индуктивность линии повышается с увеличением ее длины. Поэтому при передаче электроэнергии на большие расстояния линия передачи имеет значительное реактивное сопротивление, обусловленное ее индуктивностью.

При протекании тока индуктивное сопротивление линии вызывает падение напряжения вдоль линии, а следовательно, и уменьшение ее пропускной способности. Чтобы увеличить пропускную способность линии электропередачи, а также повысить динамическую устойчивость и уменьшить колебания напряжения, вызываемые изменениями нагрузки линии, применяют емкостную компенсацию индуктивного сопротивления, осуществляемую последовательным (продольным) включением конденсаторов в линию. Благодаря большой эффективности и экономичности продольная емкостная компенсация в последнее время широко используется в распределительных сетях от 3 до 35 кВ и линиях электропередачи от 110 до 750 кВ.

В настоящее время для продольной компенсации выпускаются конденсаторы КСП0,66-40У1 и КСПК1,05-120У1. Условное обозначение конденсатора расшифровывается следующим образом: К (первое) —

конденсатор, С — пропитанный синтетической жидкостью, П — для продольной компенсации, К (последнее) — комбинированный (бумажно-пленочный) диэлектрик; первое число после букв — номинальное напряжение в киловольтах, второе — мощность в кварах.

По конструкции эти конденсаторы мало отличаются от косинусных. Они снабжены разрядными резисторами, каждая секция конденсатора защищена плавким предохранителем.

§ 18. Конденсаторы повышенной частоты для электротермических установок

В машиностроении широко используют индукционный нагрев металлов токами высокой частоты (поверхностная закалка и легирование стали, ковка, штамповка и прокат, плавка металлов, пайка и т. п.). Применение индукционного нагрева вместо нагрева в печах и горнах позволило усовершенствовать и автоматизировать многие технологические процессы обработки металлов, резко повысить производительность, качество обработки и культуру производства.

Для индукционного нагрева металлов служат электротермические установки, в которых энергия высокой частоты от источника питания передается в нагреваемый металл при помощи индуктора. Индуктор представляет собой катушку из одного или нескольких витков медного провода, в которую помещают нагреваемый металл. При подаче на катушку напряжения высокой частоты переменное магнитное поле будет наводить в металле вихревые токи, которые вызовут его нагрев.

Индукционный нагрев связан с большим потреблением индуктивного тока индуктором, что обуславливает очень низкий коэффициент мощности установок (0,1—0,01). Для повышения коэффициента мощности индукционных электротермических установок служат силовые конденсаторы серий ЭСВ и ЭСВП (ГОСТ 18680—73). Реактивная энергия, запасаемая в индукторе, направляется не в генератор, а в конденсаторную батарею, что позволяет использовать генераторы мощностью в 10—20 раз меньшей, чем без применения конденсаторов. Основные технические данные конденсаторов приведены в табл. 6. Общий вид и схемы соединения конденсаторов показаны на рис. 14.

Таблица 6. Основные технические данные конденсаторов повышенной частоты для электротермических установок

Тип	Напряжение, кВ	Частота, кГц	Емкость, мкФ	Мощность, квар	Испытательное напряжение, кВ	Удельные характеристики	
						квар/кг	квар/м ³ · 10 ³
ЭСВ-0,8-0,5-2УЗ	0,8	0,5	99,50	200	3,44	5,7	12,5
ЭСВ-1-0,5-2УЗ	1,0	0,5	63,60	200	4,30	5,7	12,5
ЭСВ-1,6-0,5-2УЗ	1,6	0,5	24,90	200	6,88	5,7	12,5
ЭСВ-2-0,5-2УЗ	2,0	0,5	15,91	200	8,60	5,7	12,5
ЭСВ-0,8-1-2УЗ	0,8	1,0	62,20	250	3,44	7,1	15,6
ЭСВ-1-1-2УЗ	1,0	1,0	39,80	250	4,30	7,1	15,6
ЭСВ-1,6-1-2УЗ	1,6	1,0	15,55	250	6,88	7,1	15,6
ЭСВ-2-1-2УЗ	2,0	1,0	9,95	250	8,60	7,1	15,6
ЭСВ-0,5-2,4-4УЗ	0,5	2,4	79,60	300	2,15	8,6	18,8
ЭСВ-0,8-2,4-2УЗ	0,8	2,4	31,20	300	3,44	8,6	18,8
ЭСВП-0,8-2,4-УЗ	0,8	2,4	31,20	300	3,44	8,6	18,8
ЭСВ-1-2,4-2-УЗ	1,0	2,4	19,90	300	4,30	8,6	18,8
ЭСВП-1-2,4-УЗ	1,0	2,4	19,90	300	4,30	8,6	18,8
ЭСВ-1,6-2,4-2УЗ	1,6	2,4	7,80	300	6,88	8,6	18,8
ЭСВ-2-2,4-2УЗ	2,0	2,4	4,97	300	8,60	8,6	18,8
ЭСВ-0,5-4-4УЗ	0,5	4,0	55,70	350	2,15	10,0	21,9
ЭСВ-0,8-4-2УЗ	0,8	4,0	21,80	350	3,44	10,0	21,9
ЭСВП-0,8-4УЗ	0,8	4,0	21,80	350	3,44	10,0	21,9
ЭСВ-1-4-2УЗ	1,0	4,0	13,90	350	4,30	10,0	21,9
ЭСВП-1-4-УЗ	1,0	4,0	13,90	350	4,30	10,0	21,9
ЭСВ-1,6-4-2УЗ	1,6	4,0	5,45	350	6,88	10,0	21,9
ЭСВ-2-4-2УЗ	2,0	4,0	3,48	350	8,60	10,0	21,9
ЭСВ-0,5-10-4УЗ	0,5	10,0	25,50	400	2,15	11,4	25,0
ЭСВ-0,8-10-2УЗ	0,8	10,0	9,96	400	3,44	11,4	25,0
ЭСВП-0,8-10-4УЗ	0,8	10,0	9,96	400	3,44	11,4	25,0

Примечание. В маркировке конденсаторов буквы и цифры означают: Э — электротермический, С — диэлектрик, используемый для пропитки выемной части (синтетическая жидкость), В — с водяным охлаждением, П — подстроечный, для регулирования емкости; первое число после букв — номинальное напряжение в киловольтах, второе — частоту в килогерцах; цифра после второго числа (2, 4) — конструктивное исполнение (количество изолированных выводов); буква У — исполнение (для умеренного климата); последняя цифра 3 — категорию размещения (для внутренних установок). Указанные в таблице конденсаторы с двумя изолированными выводами по требованию, оговоренному в заказе, могут изготавливаться с четырьмя.

Большие мощности, обусловленные повышенными частотами, резко увеличивают потери в данных конденсаторах и поэтому большое внимание обращается на отвод тепла и снижение температуры нагрева диэлектрика.

Пакет конденсатора собирают из отдельных секций, соединенных между собой параллельно. Обкладки секций выступают с торцов. Для уменьшения потерь используют фольгу обкладок большей толщины (16 мкм), чем у других типов конденсаторов. С одной стороны пакета к обкладкам припаивают облуженную медную трубку, имеющую вид змеевика, по которой во время работы конденсатора пропускается охлаждающая вода. Концы охлаждающего змеевика выступают над крышкой корпуса. С другой стороны пакета обкладки секций изолируют от корпуса и подсоединяют проводниками к выводам.

Корпус конденсатора сварной, прямоугольной формы (380x120x350 мм) из стали — для кон-

денсаторов, работающих при частоте до 1000 Гц, из латуни, алюминия или немагнитной стали — для конденсаторов, работающих при частоте выше 1000 Гц. На крышке корпуса размещена контактная скоба, соединенная с охлаждающим змеевиком, которая является общим выводом обкладок со стороны змеевика.

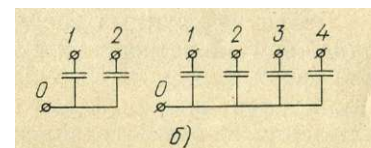
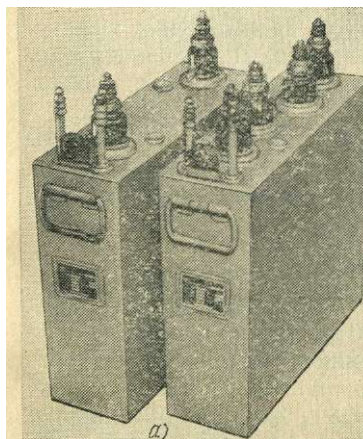


Рис. 14. Конденсаторы для электротермических установок: а — общий вид, б — схемы соединения; 0 — общий вывод, 1—4 — групповые выводы

денсаторов, работающих при частоте до 1000 Гц, из латуни, алюминия или немагнитной стали — для конденсаторов, работающих при частоте выше 1000 Гц. На крышке корпуса размещена контактная скоба, соединенная с охлаждающим змеевиком, которая является общим выводом обкладок со стороны змеевика.

Секции конденсаторов ЭСВ разбиты по емкости на две или четыре равные группы, каждая из которых имеет самостоятельный вывод. Необходимость такой разбивки секций вызвана большими токами, проходящими через выводы конденсатора. В конденсаторах напряжением до 1000 В выводами для подключения к сети являются общий вывод, соединенный с корпусом, и изолированные, соединяемые вместе. В конденсаторах на напряжение

1000 В и выше выводами для подключения к сети являются изолированные выводы, которые образуют две равные группы емкостей, соединенные последовательно.

Секции конденсаторов ЭСВП разбиты на четыре неравные группы с соотношением емкостей 1:2:4:9. Эти конденсаторы используют для точной подстройки в резонанс контуров электротермических установок.

Конденсаторы для электротермических установок испытывают напряжением постоянного тока 4,3-кратной величины по сравнению с номинальным. Для электротермических установок начат выпуск новой серии конденсаторов ЭСВК с бумажно-пленочным диэлектриком мощностью в 1,5—2 раза выше по сравнению с конденсаторами серии ЭСВ.

Особую группу конденсаторов повышенной частоты представляют конденсаторы ПСВИ, обе обкладки и змеевик для пропускания охлаждающей воды которых изолированы от корпуса.

§ 19. Конденсаторы для емкостной связи, отбора мощности и делителей напряжения

Развитие крупных энергосистем требует обеспечения надежной диспетчерской и административно-хозяйственной связи между их отдельными пунктами, телесигнализации и передачи сигналов телеизмерения, аварийного отключения выключателей, а также релейной защиты линий электропередачи. Поэтому целесообразно использовать линии электропередачи вместо строительства дополнительных линий связи вдоль высоковольтных линий.

Обычно связь по высоковольтным линиям осуществляется при частоте 40—500 кГц. Одним из элементов оборудования такой связи являются конденсаторы, которые отделяют аппаратуру связи от высокого напряжения, пропуская токи высокой частоты по каналам связи. Конденсаторы подключают одним выводом к проводам линии передачи, а другим — через высокочастотный автотрансформатор к земле. В некоторых случаях конденсаторы используют для отбора мощности при частоте 50 Гц для питания измерительной аппаратуры и силового оборудования.

Каналы связи отделяют от силовых распределительных сетей (подстанции) высокочастотным заградителем (катушкой индуктивности), который включается в расщелку высоковольтной линии, пропуская токи частотой

50 Гц и оказывая большое сопротивление прохождению токов высокой частоты.

Принципиальная схема высокочастотной связи с отбором мощности показана на рис. 15. Связь по линиям электропередачи напряжением 500 кВ осуществляется через конденсаторы связи, которые состоят из трех последовательно включенных элементов **СМ 166/УЗ-14**.

В линиях электропередачи 110, 154, 220 и 330 кВ применяют конденсаторы связи, которые собирают из одного или

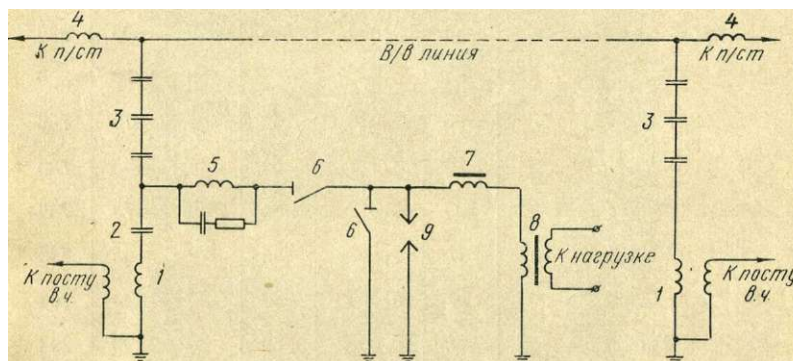


Рис. 15. Схема устройства связи и конденсаторного отбора мощности от линии электропередачи 500 кВ:

1 — высокочастотный трансформатор, 2 — конденсатор отбора мощности, 3 — конденсатор связи, 4 и 5 — высокочастотные заградители, 6 — разъединитель, 7 — реактор, 8 — трансформатор отбора мощности, 9 — искровой защитный промежуток

нескольких последовательно включаемых элементов конденсаторов **СМ 66/УЗ-4,4** или **СМ 110/УЗ-6,4**.

СМ 110/УЗ-6,4 заменяет два конденсатора **СМ 66/УЗ-4,4**.

Для отбора мощности служат конденсаторы ОМ 15-107. Конденсаторы для емкостной связи, отбора мощности и измерения напряжения выпускают по ГОСТ 15581—80. Основные технические данные конденсаторов связи для умеренного климата приведены в табл. 7, а общий вид — на рис. 16. Их выполняют также для холодного и тропического климата.

Корпусами конденсаторов являются фарфоровые крышки с утолщенными торцами для механического крепления крышек. Выемная часть представляет собой один **(СМ 66/УЗ)** или несколько пакетов, соединенных па-

Таблица 7. Основные технические данные конденсаторов связи, отбора мощности и делителей напряжения

Тип	Напряжение, кВ	Емкость, мкФ	Испытательное напряжение, кВ	Масса, кг	Габариты, мм	
					высота	диаметр
СМ 66/ $\sqrt{3}$ -4,4У1	38	0,0044	100	70	890	280
СМ 110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1	64	0,0064	215	140	1170	330
СМ 166/ $\sqrt{3}$ -14У1	96	0,014	262	765	1375	730
ОМ 15-107У1	15	0,107	55	345	455	730
ДМРИ 188/ $\sqrt{3}$ -0,012У1	109	0,012	250	750	1375	730
ДМРИ 15-0,105У1	15	0,105	55	420	455	730
ДМР 55-0,0033У1	55	0,0033	160	80	890	294
ДМР 60-0,0022У1	60	0,0022	160	80	890	294
ДМР 60-0,0026У1	60	0,0026	160	80	890	294
ДМР 80-0,001У1	80	0,001	160	90	890	294
ДМР 80-0,0044У1	80	0,0044	160	175	790	448
ДМК 190-0,0016У1	190	0,0016	320	230	1380	330

Примечание. В маркировке конденсаторов буквы и цифры означают: С, О или Д — назначение (для связи, отбора мощности или делителей напряжения), М — диэлектрик, используемый для пропитки (масло), Р или К — наличие в конденсаторе расширителя, И — измерительный; первое число — номинальное напряжение в киловольтах, второе — номинальную емкость в микрофарадах для делителей напряжения и нанофарадах для конденсаторов связи; буква У — исполнение (для умеренного климата), последняя цифра 1 — категорию размещения (для наружных установок).

параллельно-последовательно или параллельно (ОМ 15). Пакеты состоят из мембранных

последовательно соединенных секций. Герметизация конденсаторов осуществляется с помощью прокладок из масло- и морозостойкой резины.

Чтобы обеспечить компенсацию давления масла внутри конденсатора при колебаниях температуры окружающей среды, применяют расширители, представляющие

собой набор мембранных коробок, которые укладывают над пакетом. Мембранные коробки изготовляют из двух стальных тарельчатых мембран, герметично сваренных между собой. В конденсаторах предусматривается избыточное давление масла, с тем чтобы во всем диапазоне рабочих температур внутри них не создавалось разрежение.

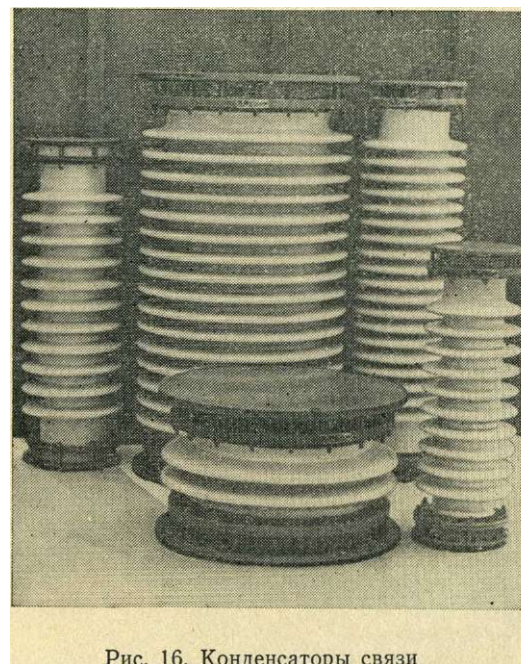


Рис. 16. Конденсаторы связи

Конденсаторы для делителей напряжения серии ДМР по конструкции аналогичны конденсаторам связи и предназначены для емкостных делителей напряжения, мощных высоковольтных разрядников, выключателей, трансформаторов и делителей напряжения линий электропередачи 220—500 кВ.

Для комплектования делителей емкостных трансформаторов напряжения, обеспечения высокочастотной связи по линии электропередачи напряжением 750 кВ, телемеханики, защиты, измерения напряжения и отбора мощности выпускают конденсаторы ДМРИ 188/ $\sqrt{3}$ -0,012

и ДМРИ 15—0,105. С этой же целью для линий напряжением 500-1150 кВ изготавливают конденсаторы СМИ 166/ $\sqrt{3}$ -14 и СОМИ 166/ $\sqrt{3}$ +15—14+107, а также СМИ 188/ $\sqrt{3}$ -12 и СОМИ 188/ $\sqrt{3}$ +15—12+107, которые обеспечивают возможность измерения напряжения в широком диапазоне температур (от—40 до+40°С) с погрешностью 0,5—1 %.

Конденсаторы СМИ166/ $\sqrt{3}$ и СМИ 188/ $\sqrt{3}$ по конструкции аналогичны конденсатору СМ 166/ $\sqrt{3}$ и предназначены для комплектования верхнего плеча делителя. Конденсаторы СОМИ представляют собой нижнее плечо делителя емкостью 107 (105) нФ на напряжение 15 кВ и один элемент верхнего плеча делителя емкостью 14 (12) нФ на напряжение 166/ $\sqrt{3}$ (188/ $\sqrt{3}$) кВ, выполненных в водной покрывке.

§ 20. Конденсаторы для линий электропередачи постоянного тока

Передача электроэнергии на дальние расстояния на постоянном токе обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с передачей ее на переменном токе:

при передаче на постоянном токе полностью отпадает необходимость синхронизации генераторов в энергосистемах, связанных этими линиями;

индуктивность линии электропередачи постоянного тока не влияет на ее пропускную способность (пропускная способность дальних линий электропередачи постоянного тока определяется лишь технически и экономически правильным выбором поперечного сечения проводов);

резко снижается стоимость строительства линий электропередачи, поскольку линия электропередачи постоянного тока состоит из двух проводов (вместо трех при переменном токе);

при передаче на постоянном токе землю можно использовать в качестве обратного провода.

Передача электроэнергии на постоянном токе состоит в том, что переменный ток, вырабатываемый на электростанции, преобразуется в постоянный, а на приемном конце линии передачи происходит обратное преобразование постоянного тока в переменный. На постоянном токе осуществляется лишь передача элек-

троэнергии на необходимое расстояние. Преобразование переменного тока в постоянный и обратно производится на преобразовательных подстанциях, сооружаемых на обоих концах линии электропередачи.

Для передачи электроэнергии на постоянном токе построена линия электропередачи Волгоград—Донбасс. Постоянный ток напряжением ± 400 кВ передается на расстояние 473 км. Сооружение этой линии потребовало создания серий специальных конденсаторов высокого напряжения, являющихся одним из элементов преобразовательных подстанций.

В настоящее время для линий электропередач постоянного тока выпускают конденсаторы ДС 80-0,065У4 и КСФ 6,3-50У1, в маркировке которых буквы и цифры означают следующее: Д и К—назначение (для цепей демпфирования и косинусный), С—род пропитки (синтетическая жидкость), Ф—для настроенных фильтров шунтовых батарей; первое число—номинальное напряжение в киловольтах, второе—емкость в микрофарадах или мощность в кВА; буква У—исполнение, цифры 1 и 4—категорию размещения.

Конденсаторы предназначены для сглаживания кривой выпрямленного напряжения, отфильтровывания высших гармоник, демпфирования переходных процессов и рассчитаны для работы при одновременном приложении постоянного тока высокого напряжения и переменного несинусоидального тока.

Конденсаторы КСФ в металлических корпусах по конструкции аналогичны конденсаторам КС. Конденсаторы ДС в фарфоровых корпусах по конструкции и габаритам не отличаются от конденсаторов связи СМ 166/ $\sqrt{3}$.

§ 21. Конденсаторы фильтровые и для тиристорных преобразователей

Основным током, применяемым в электрической тяге, является постоянный ток, получаемый на тяговых подстанциях преобразованием переменного тока промышленной частоты. В результате преобразования переменного тока с помощью выпрямителей получается пульсирующий ток, который состоит из двух слагаемых (составляющих)—постоянной и переменной. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока служат филь-

тры из конденсаторов большой емкости и катушек индуктивности с железом (дресселей).

Конденсаторы, оказывающие очень малое сопротивление переменной составляющей и очень большое постоянное составляющей тока, включаются в фильтры параллельно выпрямителю. Наоборот, дрессели, оказывающие большое сопротивление переменной составляющей и малое постоянной составляющей тока, включают в фильтре последовательно. Такие фильтры позволяют переменной составляющей тока свободно проходить через конденсаторы, минуя потребителя, а постоянной составляющей — свободно проходить через дрессели и направляться в цепь потребителя. Таким образом, в цепи потребителя проходит постоянный ток.

В фильтрах тяговых подстанций применяют силовые конденсаторы ФМТ4-12 (Ф — фильтровые, М — масляные, Т — для тяговых подстанций, на напряжение 4 кВ и емкостью 12 мкФ), которые по конструкции аналогичны косинусным конденсаторам и рассчитаны на длительную работу при напряжении постоянного тока 4 кВ с наложением переменной составляющей частотой 300—1440 Гц, не превышающей соответственно 1—2 А на 1 мкФ.

Для фильтров высоковольтных выпрямителей выпускаются конденсатор ФК 200-0,15 (Ф — фильтровый, К — с пропиткой касторовым маслом, на напряжение 200 кВ, емкостью 0,15 мкФ), а также серия конденсаторов ФМ с пропиткой конденсаторным маслом на напряжения 40, 63 и 100 кВ (ФМ 40-68УЗ, ФМ 63-33УЗ, ФМ 100-15УЗ ФМ 100-22УЗ). Общий вид конденсатора ФМ на напряжение 100 кВ и емкостью 22 нФ показан на рис. 17. Вследствие высокого напряжения корпуса конденсаторов выполняют из изоляционного материала (полипропилена).

В последние годы широко применяют силовые полупроводниковые (тиристорные) преобразовательные устройства (СППУ) для управления электроприводом.

Тиристорное управление, заменяющее контактно-реостатное управление на бесконтактное, имеет ряд преимуществ:

в результате устранения контактной коммутационной аппаратуры повышается надежность электрооборудования;

устраняются потери в пусковых сопротивлениях; плавно регулируется скорость движения;

возможно повышение напряжения питающей сети (например, в контактной сети железнодорожного транспорта), в результате значительно снижаются стоимость электрооборудования и потери электроэнергии и т. д.

Наибольшее применение получили импульсные преобразователи, которые, преобразуя постоянный ток сети в отдельные чередующиеся импульсы, с помощью емкостей и индуктивностей формируют ток, поступающий в тяговые двигатели. Напряжение, подводимое к двигателю, регулируется частотой импульсов.

Одним из важных элементов СППУ являются конденсаторы, предназначенные для коммутации вентиля, компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник и демпфирования колебаний.

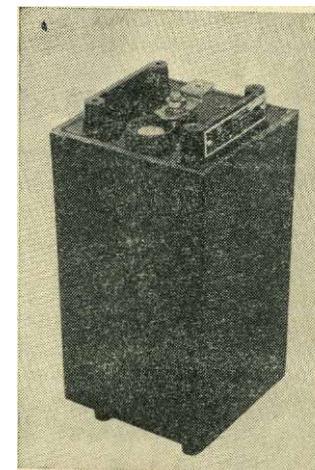


Рис. 17. Конденсатор ФМ100-22УЗ

Таблица 8. Основные технические данные конденсаторов для тиристорных преобразователей

Тип	Напряжение, кВ		Частота, кГц	Емкость, мкФ
	постоянное	переменное		
РСТ-2-2,12У2	3,15	2	0,8	2,12
РСТ-2-4У2	3,15	2	0,4	4,00
РСТО-2-6,15У2	3,15	2	0,4	6,15
ФСТ-2,1-160У2	2,1	—	—	160
ФСТ-4-40У2	4,0	—	—	40
ФСТ-0,75-300У2	0,75	—	—	300
ГСТ-1-50У2	—	1	0,4	50

Примечание. В маркировке конденсаторов буквы и цифры означают: первая буква — назначение (Р — регулирующий, Ф — фильтровый, Г — гасящий), С — пропитывающая (синтетическая) жидкость, Т — для схем тиристорного управления, О — охлаждение (воздушно-принудительное); первое число — напряжение в киловольтах, второе — емкость в микрофарадах; буква У — исполнение (для умеренного климата); последняя цифра — категорию размещения.

Для работы в схемах тиристорного управления электроприводом вагонов метрополитена и электровозов выпускается серия конденсаторов, основные технические данные которых приведены в табл.8. Особенность этих конденсаторов заключается в том, что они рассчитаны для работы при несинусоидальных токах и напряжениях, а некоторые из них требуют принудительного воздушного охлаждения. По конструкции они аналогичны конденсаторам КС первого габарита.

§ 22. Импульсные конденсаторы

В группу импульсных конденсаторов входят конденсаторы, работающие в режиме заряд—разряд. Накопленную в конденсаторе в процессе заряда, электрическую энергию используют для получения мощных кратковременных импульсов тока и напряжения большой амплитуды.

Импульсные конденсаторы широко применяются в различных областях науки и техники, а номенклатура их постоянно увеличивается. Конденсаторы используют при ядерных исследованиях и для удержания плазмы, в лазерной технике и для газоразрядных источников света, в аэродинамике и астрофизике, в промышленной технологии и медицине, для работы в мощных колебательных контурах и в импульсных генераторах тока и напряжения и т. д.

Импульсные конденсаторы выпускают на напряжение от 250 В до 200 кВ с энергией заряда до нескольких тысяч джоулей в единице для работы при аperiodическом или колебательном разряде с частотой следования импульсов от одного в минуту до сотен герц. Собственная индуктивность отдельных типов конденсаторов не превышает 10—40 нГн.

В связи с разнообразием областей применения и режимов работы выпускают импульсные конденсаторы различных конструктивных форм. Основные технические данные импульсных конденсаторов приведены в табл. 9.

Импульсные конденсаторы выполняют в металлических и изоляционных корпусах преимущественно прямоугольной формы. Изоляционные корпуса применяют для конденсаторов напряжением 100 кВ и выше. Материалами для изготовления изоляционных корпусов служат пластмассы (полипропилен, полиамидные смолы).

Таблица 9. Основные технические данные импульсных конденсаторов

Тип	Напряжение, кВ	Емкость, мкФ	Энергия заряда, Дж	Индуктивность, нГн	Габариты, мм	Масса, кг	Удельная энергия	
							Дж/м ³ ·10 ³	Дж/кг
ИМ 2-5-140У4	5	140	1750	600	310×150×590	50	63,8	35,0
ИМ 70-0,3У3	70	0,3	735	300	455×150×326	32	33,1	23,0
ИС 6-200ХЛ2	6	200	3600	600	309×133×680	55	130	65,5
ДС 7-16Т4	7	16	392	260	172×112×165	6	126	68,8
ИС 4-13У3	4	13	104	—	380×120×325	30	7,0	3,5
ИС 6-5,5У3	6	5,5	99	—	380×120×325	30	6,7	3,3
ИС 16-0,8У3	16	0,8	102	—	380×120×325	30	6,9	3,4
ИС 20-0,5У3	20	0,5	100	—	380×120×325	30	6,8	3,3
ИК 6-150ТС4	6	150	2700	60	310×150×590	45	98,5	59,0
ИК 10-50У4	10	50	2500	500	310×158×590	50	91,3	50,0
ИК 25-13У4	25	13	4062	350	310×310×670	120	56,8	34,4
ИК 25-12У4	25	12	3750	40	310×310×670	120	68,0	34,0
ИК 40-5У4	40	5	4000	40	310×310×670	120	56,0	35,0
ИК 50-3У4	50	3	3750	40	310×310×670	120	56,8	34,0
ИКМ 50-3У4	50	3	3750	25	310×310×670	120	58,4	31,3
ИКГ 50-1У4	50	1	1250	500	310×310×670	120	18,7	10,4
ИК 100-0,25У4	100	0,25	1250	150	455×150×326	30	56	41,6
ИК 100-0,4У4	100	0,4	2000	150	455×150×326	32	90	66,7
ИК 200-0,1У4	200	0,1	2000	200	455×150×326	32	90	66,7

Примечание. В маркировке конденсаторов буквы и цифры означают: первая буква — назначение (И — импульсный, Д — для дифибрилляторов); вторая — род пропитки (М — нефтяное масло, С — синтетическая жидкость, К — касторовое масло); третья — конструкцию (Г — для электрогидравлических установок, М — малоиндуктивный); первое число — номинальное напряжение в киловольтах; второе — номинальную емкость в микрофарадах; буквы У, Т, ТС или ХЛ — исполнение; последняя цифра — категорию размещения.

Для пропитки конденсаторов применяют конденсаторное и касторовое масло, а также хлорированные дифенилы. Конденсаторное масло используют, как правило, в конденсаторах, работающих в колебательном режиме, в котором тангенс угла диэлектрических потерь конденсатора определяет его нагрев. Синтетические жидкости с большой диэлектрической проницаемостью применяют для получения больших значений энергии в единице объема.

Для получения высоких значений удельной энергии и увеличения срока службы конденсаторов, работающих

с небольшой частотой повторения импульсов, для пропитки обычно используют касторовое масло.

При больших импульсах тока в конденсаторе возникают значительные электродинамические усилия, которые могут вызвать механическое разрушение диэлектрика. Поэтому в конструкциях импульсных конденсаторов в отличие от других типов особое внимание уделяется механической устойчивости всех токоведущих частей.

С этой целью соединительные шины и токоотводы секций делают более массивными и предъявляют высокие требования к надежности сварных и паяных соединений.

Если необходимо получить импульсы тока высокой амплитуды (сотни килоампер), конденсаторы должны обладать малой собственной индуктивностью. Это вызывается тем, что на собственную индуктивность конденсатора L в начале импульса ответвляется энергия $LI^2/2$, которая хотя и не теряется (поскольку при дальнейшем течении разряда она создает дополнительный ток), но уменьшает амплитуду импульсного тока и скорость его нарастания. Величина собственной индуктивности конденсатора в целом определяется индуктивностью его отдельных элементов: секций, внутренних соединений и выводов.

Индуктивность секций определяется ее геометрическими размерами, размерами токоотводов и их расположением. Снижение индуктивности достигается уменьшением толщины и ширины секций, а также расположением токоотводов с одного торца, друг против друга посередине длины обкладок. Индуктивность уменьшается и при увеличении количества токоотводов и их ширины. Поэтому для получения большой емкости секций целесообразно применять широкую фольгу и бумагу.

Для снижения индуктивности конденсатора секции в пакетах необходимо соединять параллельно. Последовательное соединение увеличивает индуктивность пропорционально числу секций (групп секций). Кроме того, применяемые в конденсаторах предохранители для отключения секций при их пробое затрудняют получение малой индуктивности конденсаторов. Для значительного снижения индуктивности конденсаторов служат малоиндуктивные выводы, которые выполняют в виде плоских шин, разделенных тонкой изоляционной перегородкой или коаксиально.

Одна из особенностей импульсных конденсаторов состоит также в том, что они должны обладать малым значением собственного активного сопротивления, поскольку нагрев конденсатора при больших импульсах происходит главным образом за счет потерь в металле, а не в диэлектрике. При разряде конденсатора энергии распределяются между конденсатором и нагрузкой прямо пропорционально их активным сопротивлениям. При очень малом сопротивлении нагрузки вся энергия, запасенная в конденсаторе, выделяется в самом конденсаторе. Потери в конденсаторе

$$P_k = U_k^2 C_k n/2,$$

где P_k — мощность потерь в конденсаторе, Вт; C_k — емкость конденсатора, Ф; U_k — напряжение заряда конденсатора, В; n — число разрядов конденсатора в единицу времени.

Потери в металле можно уменьшить увеличением толщины фольги обкладок, числа токоотводов в секции, применением секций с выпущенной фольгой и уменьшением потерь в других токоведущих частях.

Нагрев конденсатора может происходить и при его заряде в аperiodическом режиме, поскольку в зарядной цепи теряется такая же энергия, какая накапливается в конденсаторе. Потери энергии в конденсаторе и в зарядной цепи, как и при разряде, распределяются пропорционально их активным сопротивлениям.

Импульсные конденсаторы в металлических корпусах II габарита показаны на рис. 18, а — д. Конденсатор ИК6-150ТС4 (см. рис. 18, д) благодаря определенному расположению токопроводящих шин и специальной конструкции вывода обладает малой индуктивностью. Секции в пакетах соединены параллельно и снабжены предохранителями. Эти конденсаторы служат для получения мощных импульсов тока при исследованиях управляемых термоядерных реакций и других целей.

Конденсаторы ИК 50-3У4 (рис. 19), ИК 40-5У4 и ИК 25-12У4 выполнены в металлическом корпусе с коаксиальным выводом на крышке. Крышка с выводом состоит из стальной рамы и эпоксидного изолятора с цилиндрическим барьером. В центре изолятора помещен высоковольтный вывод. Низковольтным выводом конденсаторов служит стальное кольцо с отверстиями под болты, приваренное к раме. Выемная часть конденсато-

ров состоит из четырех параллельно соединенных пакетов. Соединение секций в пакете конденсаторов ИК 50-3У4 и ИК 40-5У4 последовательное, а конденсатора ИК 25-12У4 — параллельно-последовательное. Эти конденсаторы предназначены для установки в различных схемах генераторов импульсных токов. Конденса-

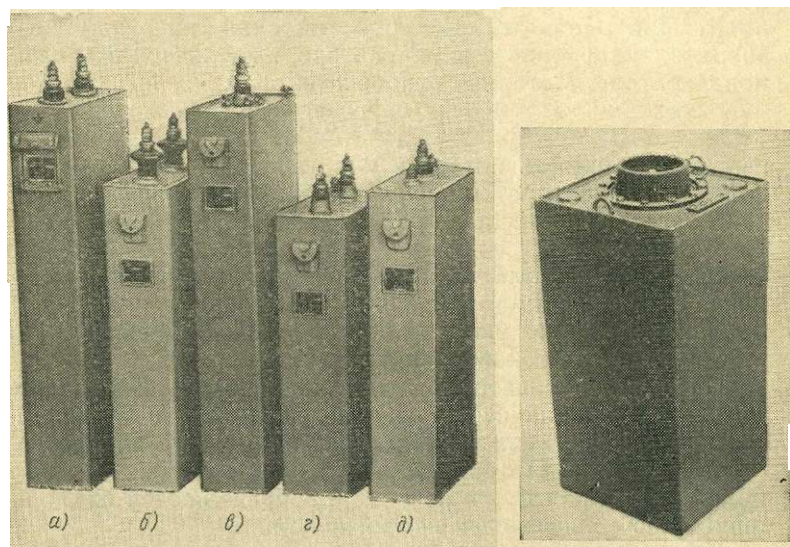


Рис. 18. Импульсные конденсаторы:
а — ИС6-200ХЛ2, б — ИК10-50У4, в — ИМУ5-140У4,
г — ИМ2-5-140У4, д — ИК6-150ТС4

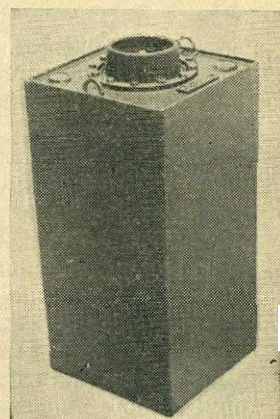


Рис. 19. Конденсатор
ИК50-3У4

тор ИКГ 50-1 (рис. 20) предназначен для установок с использованием электрогидравлического эффекта.

Электрогидравлический эффект — это новый вид преобразования электрической энергии в механическую без промежуточных звеньев с высоким коэффициентом полезного действия.

Явление электрогидравлического эффекта заключается в том, что при создании внутри объема жидкости специально сформированного импульсного электрического разряда конденсатора в зоне разряда развиваются высокие давления, которые используют в практических целях. На основе этого явления разработаны установки

для очистки литья, дробления горных пород, созданы бурильные устройства для получения отверстий в непроводящих материалах, режущие устройства и т. д.

Конденсатор ИКГ 50-1 собран в корпусе конденсатора ИК 50-3. Выемная часть состоит из двух соединенных последовательно пакетов, в каждом из которых соединены параллельно-последовательно. На крышке корпуса расположены два вывода в фарфоровых изоляторах на напряжение 50 и 20 кВ.

Для получения больших значений удельной энергии некоторые типы импульсных конденсаторов пропитывают синтетическими жидкостями (ДС 7-16, ИС 6-200 и др.). Эти конденсаторы предназначены для работы в режиме заряд — разряд и применяются для специальных целей. Так, конденсаторы ДС

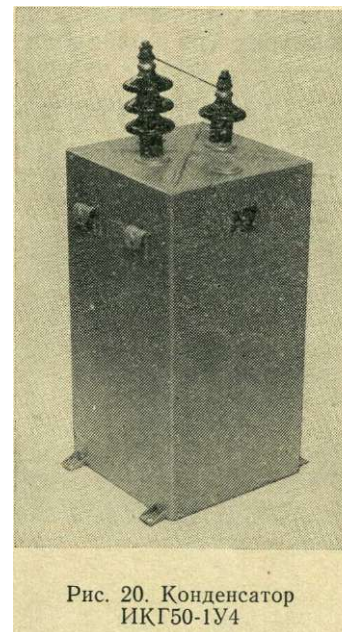


Рис. 20. Конденсатор
ИКГ50-1У4

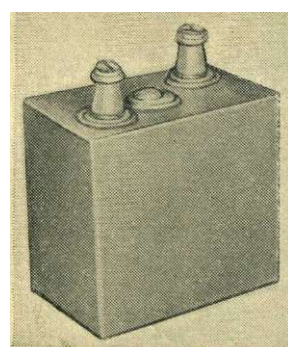


Рис. 21. Конденсатор
ДС7-16Т4

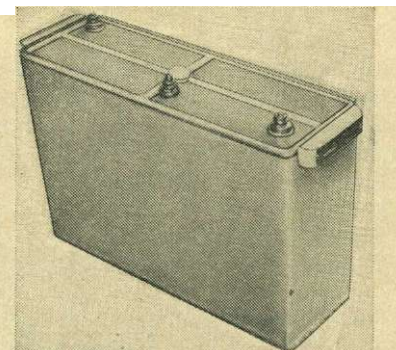


Рис. 22. Конденсатор ИК200-0,1У4

7-16 (рис. 21) широко применяют в медицине — в приборах, называемых дифибрилляторами, ставшими необходимой принадлежностью каждой операционной.

Импульсные конденсаторы на напряжение 100 кВ и выше (рис. 22) выполняют в электроизоляционных корпусах (из полипропилена или полиамидной смолы).

§ 23. Специальные конденсаторы и устройства

Генераторы импульсных напряжений (ГИН) предназначены для получения кратковременных импульсов высокого напряжения при различных лабораторных исследованиях.

Генератор ГИН 500-0,02/5 (рис. 23, а) состоит из пяти конденсаторных пакетов емкостью по 0,02 мкФ и резисторов с сопротивлением

$R_1=18$ кОм, $R_2=12$ кОм и $R_3=24$ кОм, собранных по схеме, приведенной на рис. 23, б, в общий цилиндрический корпус из бакелизированной бумаги и залитых минеральным маслом. Резисторы R_1 по конструктивным соображениям набира-

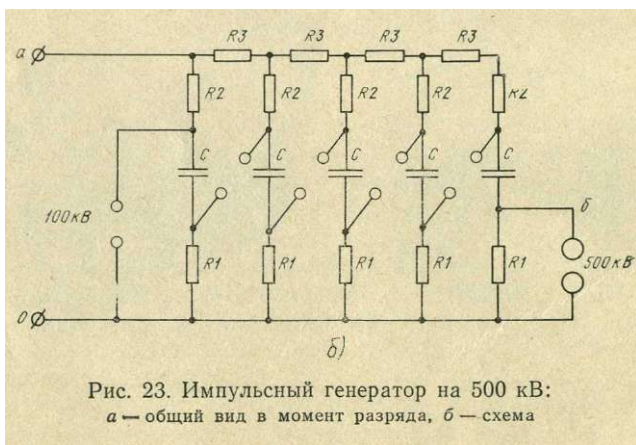
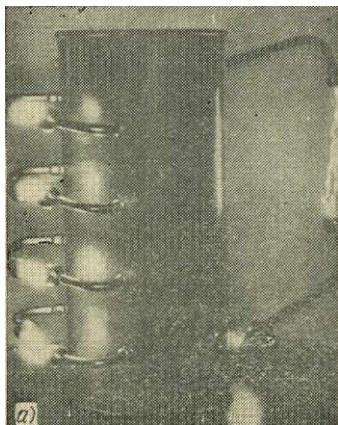


Рис. 23. Импульсный генератор на 500 кВ:
а — общий вид в момент разряда, б — схема

ются из нескольких элементов, соединяемых последовательно.

Заряд емкостей производится от установки выпрямленного напряжения 100 кВ, подключенной к зажимам а — 0. В момент заряда емкости соединены параллельно. При достижении на емкостях напряжения 100 кВ происходит их разряд через искровые промежутки (между шарами), которые вынесены на наружную поверхность корпуса. В момент разряда емкости соединяются последовательно, образуя общую разрядную емкость контура, равную $C/5=0,02/5$ мкФ. При этом на зажимах б — 0, к которым подключают испытуемый объект, в короткий промежуток времени возникает напряжение, равное сумме напряжений заряда емкостей, т. е. 500 кВ. Характер разрядного импульса напряжения определяют параметрами как генератора, так и испытуемого объекта.

Благодаря объединению всех емкостей и сопротивлений в общем корпусе из изоляционного материала генераторы на 500 кВ имеют сравнительно небольшие габариты (высота 776 мм, диаметр корпуса 350 мм), выпускаются на напряжения 400 и 500 кВ и различаются по емкости. При последовательном соединении двух генераторов можно получить напряжение в импульсном разряде до 1 млн. вольт.

Конденсаторы для рудничных электровозов предназначены для компенсации индуктивного сопротивления тяговой линии и обмоток энергоприемников рудничных высокочастотных электровозов, работающих при частоте 5000 Гц в шахтных условиях.

Откатка рудничными высокочастотными электровозами — это принципиально новая система электрической тяги, сущность которой заключается в индуктивной (бесконтактной) передаче электрической энергии от двух изолированных проводов (линии) к двигателям движущихся электровозов. Откатка высокочастотными электровозами более надежна и безопасна, более производительна и экономична по сравнению с откаткой аккумуляторными электровозами.

Для компенсации индуктивного сопротивления линии и индуктивного сопротивления приемного контура электровоза применяют конденсаторы КСПР 0,5-5У5 (рис. 24), устанавливаемые в подземных камерах угольных шахт и на электровозах.

Диэлектриком в этих конденсаторах служит стирофлексная пленка, залитая под вакуумом синтетической жидкостью, что значительно снижает потери и позволяет не применять искусственного охлаждения конденсаторов. С этой же целью корпуса конденсаторов изготавливают из немагнитного материала (латуни).

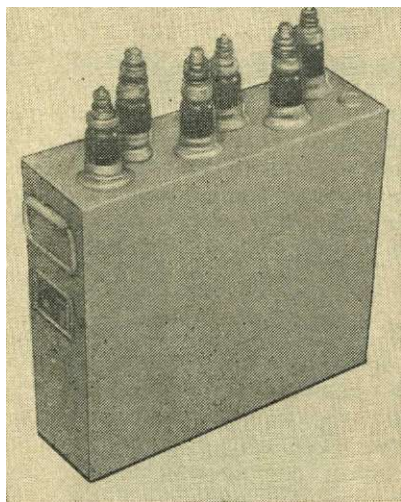


Рис. 24. Конденсатор КСПР0,5-5У5

Условное обозначение конденсатора расшифровывается так: К — для компенсации реактивного сопротивления, С — род пропитки (синтетическая жидкость), П — пленочный, Р — для рудничных электровозов и тяговой линии, на напряжение 0,5 кВ и частоту 5 кГц, У — исполнение, 5 (после буквы) — категорию размещения.



Рис. 25. Конденсаторы для люминесцентных светильников

Особую группу представляют малогабаритные конденсаторы серии ЛСЕ (рис. 25), предназначенные для работы в пускорегулирующих аппаратах люминесцентных светильников и служащие для повышения коэффициента мощности, а также в качестве балластных для защиты накальных трансформаторов.

Конденсаторы выполнены в металлических корпусах прямоугольной формы объемом 0,05 — 3 дм³, в которых размещены цилиндрические или плоскопрессованные бумажные секции, пропитанные хлорированными дифенилами. Выводы изолированы стеклянными изоляторами. Рабочее напряжение конденсаторов — 250 и 400 В промышленной частоты, емкость от 0,5 до 100 мкФ. Конденсаторы допускают длительные перегрузки по напряжению в 1,5 раза.

§ 24. Краткие сведения по расчету конденсаторов

Расчет любого конденсатора сводится к нахождению его наиболее выгодных размеров, обеспечивающих получение заданных значений электрических характеристик при наименьшей стоимости. Для расчета конденсатора обычно задаются номинальная емкость, рабочее напряжение и частота, а также указываются условия и режим работы.

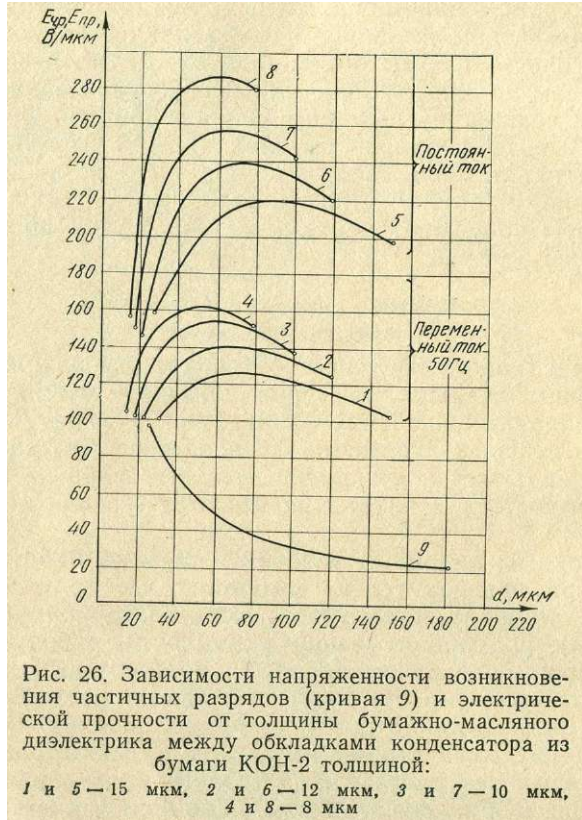
Исходя из заданных условий и режима работы конденсатора предварительно выбирают необходимые при расчете толщину и плотность конденсаторной бумаги (пленки), род пропитывающей жидкости, рабочую напряженность электрического поля и толщину диэлектрика между обкладками. Кроме того, задаются величиной емкости секции и диаметром намоточной оправки.

Толщину диэлектрика выбирают с таким расчетом, чтобы сочетать достаточно высокую кратковременную электрическую прочность с возможно большей напряженностью начала возникновения частичных разрядов.

На рис. 26 показаны кривые зависимости электрической прочности конденсаторной бумаги, пропитанной минеральным маслом, от толщины диэлектрика между обкладками при различной толщине бумаги, полученной опытным путем в лаборатории завода «Конденсатор».

Приведенные кривые показывают, что для получения высокой электрической прочности $E_{пр}$ следует применять

конденсаторную бумагу меньшей толщины. Наибольшая электрическая прочность соответствует толщине диэлектрика 40—80 мкм с количеством листов бумаги 5—7. С другой стороны, для повышения напряженности возник-



новения частичных разрядов $E_{ч.р}$ (кривая 9) необходимо стремиться к уменьшению толщины диэлектрика. Однако очень малая толщина диэлектрика ведет к резкому снижению электрической прочности как вследствие неоднородности бумаги, так и вследствие наличия в ней токопроводящих частиц (маталлической и угольной пыли и т. д.). Кроме того, применение конденсаторной бумаги малой толщины ввиду ее высокой стоимости по-

вышает стоимость конденсаторов. Число листов конденсаторной бумаги между обкладками в секции обычно выбирают 2—8 при общей толщине диэлектрика 20—80 мкм.

Из рис. 26 видно также, что электрическая прочность пропитанной бумаги при напряжении постоянного тока примерно в 1,8 раза выше электрической прочности при напряжении переменного тока частотой 50 Гц.

С повышением частоты электрическая прочность пропитанной бумаги резко снижается. Например, для бумаги, пропитанной конденсаторным маслом, с повышением частоты от 50 до 10 000 Гц она снижается на 50%. Электрическая прочность снижается и с уменьшением плотности бумаги.

Электрическая прочность пропитанной бумаги зависит также от температуры. Например, с повышением ее от 20 до 100°C электрическая прочность бумаги, пропитанной маслом, как при постоянном, так и при переменном напряжении снижается на 10—15%.

В соответствии с опытными данными испытаний и эксплуатации применяют следующие рабочие напряженности электрического поля силовых конденсаторов в пропитанной бумажной изоляции, В/мкм:

Конденсаторов, пропитанных хлорированными дифенилами и работающих при переменном напряжении частотой 50 Гц	15—20
Конденсаторов, пропитанных хлорированными дифенилами и работающих при переменном напряжении частотой, Гц:	
500—1000	10—12
2500—4000	8—10
8000—10 000	4—6
Конденсаторов связи, пропитанных конденсаторным маслом	7—11
Конденсаторов, пропитанных конденсаторным и касторовым маслами и хлорированными дифенилами, работающих при постоянном напряжении в режимах:	
длительном	30—50
кратковременном при заряд — разрядах	40—75
кратковременном при ограниченном сроке службы	75—100
Конденсаторов с бумажно-пленочным диэлектриком, пропитанных ТХД и работающих при переменном напряжении частотой 50 Гц	35—40

При расчете конденсатора необходимо знать величину диэлектрической проницаемости пропитанной бумаги ϵ ,

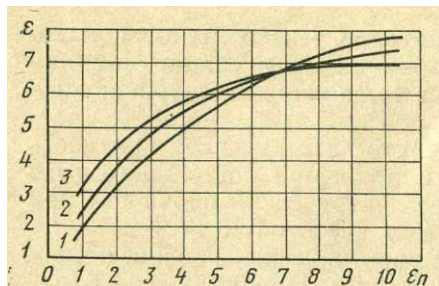


Рис. 27. Зависимости диэлектрической проницаемости пропитанной бумаги от диэлектрической проницаемости пропитывающей жидкости при плотности бумаги:
 1 — $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³, 2 — $1 \cdot 10^3$ кг/м³, 3 — $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³

зависящей от плотности бумаги и диэлектрической проницаемости пропитывающей жидкости ϵ_n . Характер этой зависимости показан на рис. 27.

Точка пересечения кривых соответствует значению ϵ , при котором диэлектрическая проницаемость пропитывающей жидкости равна диэлектрической проницаемости клетчатки ($\epsilon_k = 6,5$). Если $\epsilon_n < \epsilon_k$, то с увеличением плотности бумаги увеличивается ϵ . В этом случае для увеличения удельной емкости конденсатора выгоднее применять более плотную бумагу. Наоборот, если $\epsilon_n > \epsilon_k$, то увеличение плотности бумаги уменьшает ϵ , и с точки зрения повышения удельной емкости выгоднее применять менее плотную бумагу.

Диэлектрическая проницаемость пропитанной бумаги зависит также от степени сжатия секций при запрессовке их в пакеты.

Степень сжатия секций характеризуется так называемым коэффициентом запрессовки. Поэтому при расчете конденса-

тора величину диэлектрической проницаемости пропитанной бумаги следует принимать с учетом не только плотности бумаги и диэлектрической проницаемости пропитывающей жидкости, но и с учетом коэффициента запрессовки.

Практически коэффициент запрессовки k всегда меньше единицы и выражается отношением наименьшего расстояния между обкладками секции, равного толщине всех листов бумаги, к фактическому расстоянию, определяемому степенью сжатия, т. е. $k = db / (db + dz)$ где dz — общая величина зазоров между листами бумаги, а также между бумагой и обкладками.

Если $dz = 0$, т. е. зазоры между листами бумаги отсутствуют, коэффициент запрессовки становится равным единице.

Полученные на основании опытных данных зависимости диэлектрической проницаемости пропитанной бумаги от коэффициента запрессовки для бумаги различной плотности показаны на рис. 28. Из приведенных кривых видно, что с увеличением коэффициента запрессовки (при $\epsilon_n < \epsilon_k$) диэлектрическая проницаемость пропитанной бумаги увеличивается. Следовательно, чем выше коэффициент запрессовки, тем большая емкость может быть получена в конденсаторе, причем емкость увеличивается не только вследствие возрастания диэлектрической проницаемости, но и вследствие уменьшения расстояния между обкладками.

Однако увеличение коэффициента запрессовки, как и применение более плотной бумаги, приводит к возрастанию тангенса угла потерь диэлектрика в связи с увеличением количества клетчатки в единице объема. Таким образом, более высокие коэффициенты запрессовки применяют, как правило, для конденсаторов постоянного тока. Практически коэффициент запрессовки берут 0,85—0,95.

Емкости секций силовых конденсаторов обычно выбирают от 0,1 до 10 мкФ. С увеличением емкости секции, а следовательно, и площади обкладок возрастает вероятность их пробоя, поэтому нерационально собирать конденсаторы из малого количества секций очень большой емкости. Величина нижнего предела емкости ограничивается возрастанием технологических трудностей и трудоемкости изготовления конденсаторов из-за увеличения количества секций.

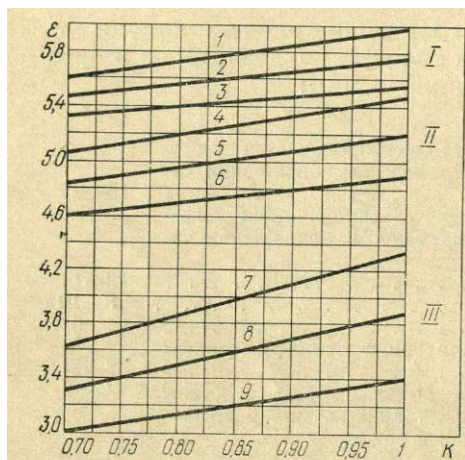


Рис. 28. Зависимости диэлектрической проницаемости бумаги, пропитанной соответственно ТХД (I), касторовым (II) и конденсаторным (III) маслом от коэффициента запрессовки при плотности бумаги:
 1, 4 и 7 — $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³, 2, 5 и 8 — $1 \cdot 10^3$ кг/м³, 3, 6 и 9 — $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³

Приступая к расчету конденсатора, прежде всего выбирают рабочую напряженность электрического поля E . Тогда необходимая общая толщина диэлектрика конденсатора при его рабочем напряжении $d=U/E$.

Количество последовательно включенных секций (или групп) в конденсаторе будет

$$n = d / (d_6 + d_3) = kd / d_6.$$

По заданной емкости конденсатора C и выбранной емкости секции C_0 находят количество параллельно включенных секций в последовательно соединенной группе

$$m = nC / C_0.$$

Общее количество секций в пакете конденсатора $Z = mn$.

Емкость секции (мкФ) при рулонной намотке определяют по формуле для подсчета емкости плоского конденсатора (см. § 4), но ее удваивают:

$$C_0 = 17,7 \varepsilon \frac{bl}{d_6 + d_3} \cdot 10^{-9},$$

где b — ширина обкладки, мм; l — длина обкладки, мм; db — толщина бумаги между обкладками, мм; d_3 — общая величина зазоров, определяемая коэффициентом запрессовки, мм.

Выбрав стандартную ширину фольги b , находят по формуле для емкости секции длину обкладки l . По размерам обкладок определяют ширину и длину конденсаторной бумаги с учетом величины закраин, которые служат для предотвращения пробоя (перекрытия) между обкладками по торцу секции, и размеры секции.

По количеству и размерам секции находят размеры пакета, а затем и корпуса конденсатора. После определения размеров конденсатора при необходимости производят его тепловой расчет.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы силовых конденсаторов.
2. Перечислите основные элементы конструкции конденсатора и укажите их назначение.
3. Для чего осуществляют компенсацию реактивной мощности электрических установок?
4. Для чего производят компенсацию реактивного сопротивления линий электропередачи?

5. Каково назначение конденсаторов повышенной частоты?
 6. Для чего служат конденсаторы связи и отбора мощности?
 7. Расскажите о назначении конденсаторов при передаче электроэнергии на постоянном токе.
 8. Где и для каких целей применяют фильтровые конденсаторы?
 9. Где используют импульсные конденсаторы?
 10. Какие напряженности электрического поля принимают для конденсаторов различного типа?
- И. Каков порядок расчета конденсатора?