

Конденсаторы трехфазные

Особенности конденсаторных батарей

LPC 1..5 kVar

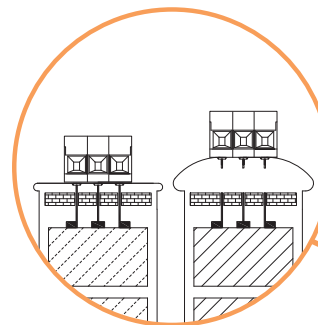


→ Для снятия остаточного напряжения все конденсаторные батареи оснащены разрядными резисторами (время разряда ≤ 3 минуты до 75 V)

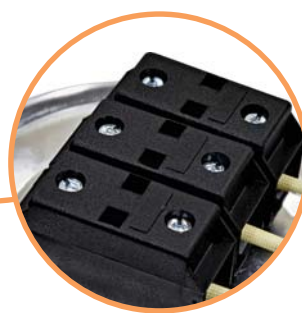
LPC 10..50 kVar



→ Конденсаторы 1... 5 kVar подключаются с помощью двойного штекера FASTON (в комплект поставки входит крышка, обеспечивающая защиту от прикосновения к токоведущим частям)



→ Все конденсаторные батареи оснащены защитой от избыточного давления



→ Подключение конденсаторов 10... 50 kVar осуществляется с помощью туннельных клемм с защитой от прикосновения к токоведущим частям (универсальный винт под шлицевую отвертку + "Imbus" - шестигранный ключ)



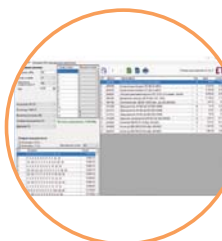
→ Возможность монтажа конденсаторных батарей как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. При монтаже в горизонтальном положении необходимо обеспечить соответствующий уровень охлаждения и дополнительную механическую фиксацию конденсатора



→ Номинальная мощность от 1 до 50 kVar

→ Номинальное напряжение 400, 440 V (460, 480, 525 - под заказ)

→ Резьбовой вывод снизу (крепление + заземление)



→ Приложение для расчета стоимости компонентов Установки Компенсации Реактивной Мощности (УКРМ) на сайте компании ETI

Конденсаторы трехфазные

Применение - Конденсаторы используются для корректировки коэффициента мощности индуктивных потребителей (трансформаторов, электрических двигателей, ректификаторов) в электрических сетях для напряжений до 660 В.

Конструкция

Конденсаторы компенсации реактивной мощности состоят из цилиндрического алюминиевого корпуса, внутри которого установлен диэлектрик с тремя полипропиленовыми слоями, металлизированными алюминием и цинком с одной стороны (тип МКР). Данное покрытие обеспечивает низкий уровень потерь и высокую устойчивость к высоким импульсным токам, а также способствует самовосстановлению конденсатора при пробое. В зависимости от величины рабочего напряжения полипропиленовая пленка имеет различную толщину. При этом слои металлизации выступают в роли проводников тока (т.е. обкладок), а полипропилен является диэлектриком.

После выполнения необходимых технологических операций и прохождения контроля качества емкостные элементы (рулоны) помещаются в алюминиевые цилиндрические корпуса.

Применение конденсаторов с напряжением 400 и 440В.

Так как напряжение напрямую влияет на реактивную мощность конденсатора, мы предлагаем линейку конденсаторов с номинальным напряжением U_n – 400 и 440В. В сетях 380В, со стабильными параметрами напряжения сети, рекомендовано применять конденсаторы с U_n – 400В, в этом случае применение конденсаторов с U_n – 440В нецелесообразно, потому что номинальная мощность уменьшается на ~ 25%. Согласно стандарта EN-60831.1-2, конденсаторы на промышленной частоте должны выдерживать напряжение величиной $1,10 \cdot U_n$ ($1,10 \cdot 400 = 440$ В) в течение не менее 8 часов в сутки. В случаях, когда повышенное напряжение сети сохраняется более 8 часов, необходимо применять конденсаторы с U_n – 440В. Применение данного типа конденсатора гарантирует надежную работу в сети с повышенным напряжением и увеличение срока службы конденсатора.

Защита от избыточного давления

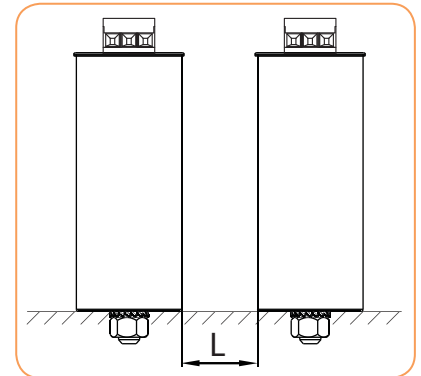
Для обеспечения защиты внутренних элементов конденсатора применяется разьединитель, который срабатывает при возникновении избыточного давления. Назначением устройства является прерывание тока короткого замыкания при достижении конденсатором окончания срока службы и его неспособности к последующему восстановлению. Это устройство разрывает электрическую цепь конденсатора, используя внутреннее давление, которое возникает во время разрушения пленки от перегрева, вызванного током короткого замыкания.

Остаточное напряжение

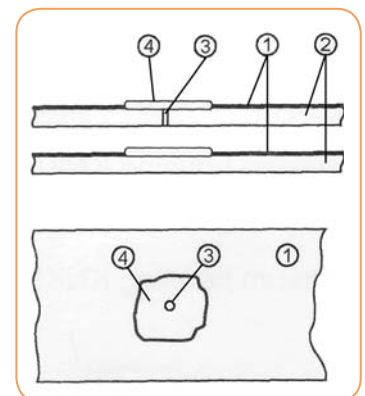
После отсоединения конденсатора от сети на его выводах еще присутствует остаточное напряжение, которое представляет опасность для обслуживающего персонала. Для его устранения все трехфазные конденсаторы снабжены разрядными сопротивлениями, которые снижают уровень напряжения до уровня меньше чем 75В за 3 минуты.

Технология производства и самовосстановление конденсаторов

Исходным материалом для производства конденсаторов служит полипропиленовая пленка. В начале технологического процесса происходит металлизация полипропиленовой пленки для формирования на ней токопроводящего слоя толщиной 10 – 50 нм из смеси цинка и алюминия. Применение материала с указанными характеристиками позволяет добиться получения эффекта самовосстановления в случае возникновения пробоя диэлектрика между обкладками конденсатора. При этом электрическая энергия испаряет металл вокруг поврежденного места и тем самым предотвращает короткое замыкание. Потеря емкости в течении данного процесса, совсем незначительна (около 100рF). Способность к самовосстановлению гарантирует высокую операционную надежность и длительный срок эксплуатации конденсатора. Для сведения к минимуму тангенса угла диэлектрических потерь, на торцы конденсаторных секций наносится в два слоя покрытие из цинка, которое получило название цинковый крепленный край. За счет этого достигается более плотный контакт между выводами конденсатора и конденсаторной секцией. На всех стадиях технологического процесса производства конденсаторов проводится измерение основных параметров изделия.



Для обеспечения надежного естественного охлаждения, расстояние между конденсаторными батареями должно быть:
 $L \geq 25\text{мм}$ 1 kVAr - 25 kVAr
 $L \geq 50\text{мм}$ 30 kVAr - 50 kVAr



Самовосстановление конденсаторов.

- 1 - металлизированный слой
- 2 - слой полипропилена
- 3 - место пробоя
- 4 - место испарения металлизированного слоя

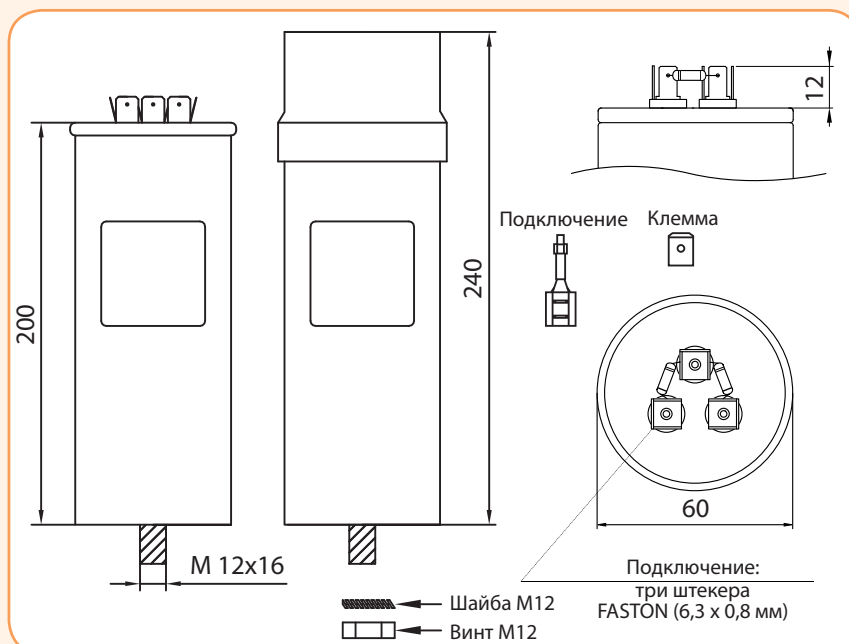
Конденсаторы трехфазные LPC

Технические характеристики:

Номинальное напряжение U_n	400, 440 V (460, 480, 525 V - под заказ)
Номинальная частота	50 Hz (60 Hz - под заказ)
Допуск отклонения емкости	- 5 % до + 15 %
Потери:	- Диэлектрические - Суммарные
	< 0,2 W/kVar < 0,45 W/kVar
Степень защиты	IP 20
Время разряда	≤ 3 мин. 75 V
Соответствие стандартам	IEC 60831 - 1/2
Безопасность	самовосстановление диэлектрика, разьединитель избыточного давления
Диэлектрик	металлизированная полипропиленовая пленка;
Рабочая температура	от - 25 °C до + 55 °C
Температура хранения	от - 40 °C до + 70 °C
Допустимая перегрузка	1,1 × U_n (номин. напряжение) / 1,5 × I_n (номин. ток)
Номинальный срок службы	120 000 ч. (темпл. класс C)
Пусковой ток	200 × I_n макс.
Проведенные испытания	- между слоями 2,15 × U_n , AC, 2 с. - слои - корпус 3,6 kV, AC, 2 с.

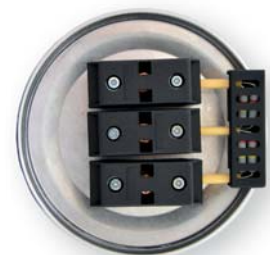
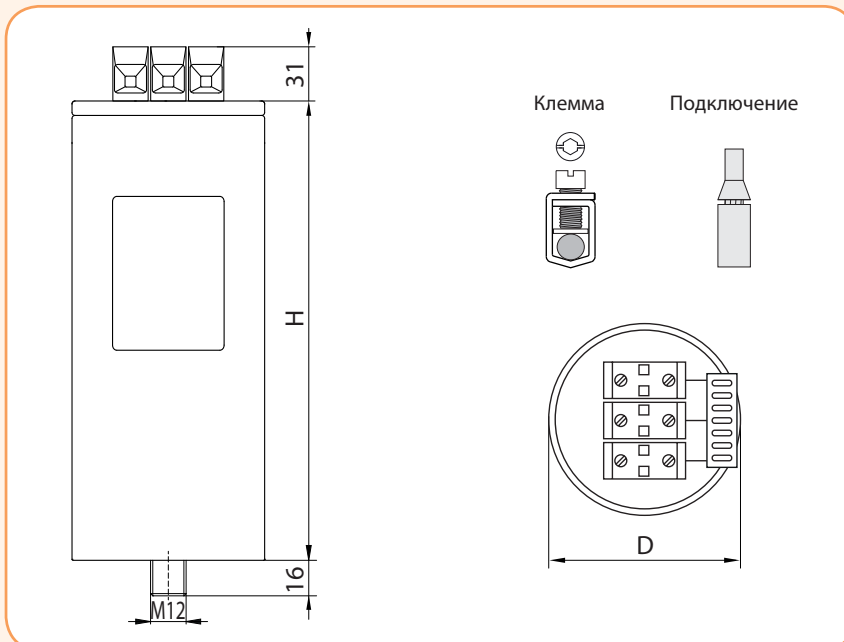


Номинальное напряжение и частота	Тип	Код	Номинальная мощность (kVar)	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
400 V 50 Hz	LPC 1 kVar, 400V, 50Hz	4656700	1	3 x 6,6	1,4	0,75	1
	LPC 1.5 kVar, 400V, 50Hz	4656701	1,5	3 x 9,9	2,2	0,75	1
	LPC 2.5 kVar, 400V, 50Hz	4656702	2,5	3 x 16,6	3,6	0,75	1
	LPC 3 kVar, 400V, 50Hz	4656703	3	3 x 19,9	4,3	0,75	1
	LPC 4 kVar, 400V, 50Hz	4656704	4	3 x 26,5	5,8	0,75	1
	LPC 5 kVar, 400V, 50Hz	4656705	5	3 x 33,2	7,2	0,75	1
440 V 50 Hz	LPC 2.5 kVar, 440V, 50Hz	4656710	2,5	3 x 13,7	3,3	0,75	1
	LPC 3 kVar, 440V, 50Hz	4656711	3	3 x 16,4	3,9	0,75	1
	LPC 4 kVar, 440V, 50Hz	4656712	4	3 x 21,9	5,2	0,75	1
	LPC 5 kVar, 440V, 50Hz	4656713	5	3 x 27,4	6,6	0,75	1
460 V 50 Hz	LPC 2.5 kVar, 460V, 50Hz	4656720	2,5	3 x 12,5	3,1	0,75	1
	LPC 3 kVar, 460V, 50Hz	4656721	3	3 x 15	3,8	0,75	1
	LPC 4 kVar, 460V, 50Hz	4656722	4	3 x 20,1	5	0,75	1
	LPC 5 kVar, 460V, 50Hz	4656723	5	3 x 25,1	6,3	0,75	1
480 V 50 Hz	LPC 2.5 kVar, 480V, 50Hz	4656730	2,5	3 x 11,5	3	0,75	1
	LPC 3 kVar, 480V, 50Hz	4656731	3	3 x 13,8	3,6	0,75	1
	LPC 4 kVar, 480V, 50Hz	4656732	4	3 x 18,4	4,8	0,75	1
	LPC 5 kVar, 480V, 50Hz	4656733	5	3 x 23	6	0,75	1
525 V 50 Hz	LPC 2.5 kVar, 525V, 50Hz	4656740	2,5	3 x 9,6	2,7	0,75	1
	LPC 3 kVar, 525V, 50Hz	4656741	3	3 x 11,5	3,3	0,75	1
	LPC 4 kVar, 525V, 50Hz	4656742	4	3 x 15,4	4,4	0,75	1
	LPC 5 kVar, 525V, 50Hz	4656743	5	3 x 19,2	5,5	0,75	1



Конденсаторы трехфазные LPC

Un (V) fn (Hz)	Тип	Код	Ном. мощность Qn (kVA)	Ном. ёмкость Cn (µF)	Ном. ток In 50 Гц (A)	D - диаметр x H - высота (мм)	Сечение подкл. проводн. (мм²)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
400 V 50 Hz	LPC 10 kVA, 400V, 50HZ	4656750	10	3 x 66,3	14,4	85 x 225	6	1,6	1
	LPC 12.5 kVA, 400V, 50HZ	4656751	12,5	3 x 82,9	18	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 15 kVA, 400V, 50HZ	4656752	15	3 x 99,5	21,7	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 20 kVA, 400V, 50HZ	4656753	20	3 x 132,6	28,9	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 25 kVA, 400V, 50HZ	4656754	25	3 x 165,8	36,1	120 x 310	10	2,9	1
	LPC 30 kVA, 400V, 50HZ	4656755	30	3 x 198,9	43,3	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 40 kVA, 400V, 50HZ	4656756	40	3 x 265,3	57,7	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 50 kVA, 400V, 50HZ	4656757	50	3 x 331,6	72,2	136 x 310	50	5,1	1
440 V 50 Hz	LPC 10 kVA, 440V, 50HZ	4656760	10	3 x 54,8	13,1	85 x 225	6	1,6	1
	LPC 12.5 kVA, 440V, 50HZ	4656761	12,5	3 x 68,5	16,4	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 15 kVA, 440V, 50HZ	4656762	15	3 x 82,2	19,7	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 20 kVA, 440V, 50HZ	4656763	20	3 x 109,6	26,2	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 25 kVA, 440V, 50HZ	4656764	25	3 x 137	32,8	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 30 kVA, 440V, 50HZ	4656765	30	3 x 164,4	39,4	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 40 kVA, 440V, 50HZ	4656766	40	3 x 219,2	52,5	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 50 kVA, 440V, 50HZ	4656767	50	3 x 274	65,6	136 x 310	50	5,1	1
460 V 50 Hz	LPC 10 kVA, 460V, 50HZ	4656770	10	3 x 50,1	12,6	85 x 225	6	1,6	1
	LPC 12.5 kVA, 460V, 50HZ	4656771	12,5	3 x 62,7	15,7	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 15 kVA, 460V, 50HZ	4656772	15	3 x 75,2	18,8	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 20 kVA, 460V, 50HZ	4656773	20	3 x 100,3	25,1	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 25 kVA, 460V, 50HZ	4656774	25	3 x 125,4	31,4	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 30 kVA, 460V, 50HZ	4656775	30	3 x 150,4	37,7	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 30.8 kVA, 460V, 50HZ	4656776	30,8	3 x 154,4	38,7	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 40 kVA, 460V, 50HZ	4656777	40	3 x 200,6	50,2	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 50 kVA, 460V, 50HZ	4656778	50	3 x 250,7	62,8	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 50 kVA, 460V, 50HZ	4656778	50	3 x 250,7	62,8	136 x 310	50	5,1	1
480 V 50 Hz	LPC 10 kVA, 480V, 50HZ	4656780	10	3 x 46,1	12	85 x 225	6	1,6	1
	LPC 12.5 kVA, 480V, 50HZ	4656781	12,5	3 x 57,6	15	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 15 kVA, 480V, 50HZ	4656782	15	3 x 69,1	18	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 20 kVA, 480V, 50HZ	4656783	20	3 x 92,1	24,1	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 25 kVA, 480V, 50HZ	4656784	25	3 x 115,1	30,1	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 30 kVA, 480V, 50HZ	4656785	30	3 x 138,2	36,1	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 40 kVA, 480V, 50HZ	4656786	40	3 x 184,2	48,1	136 x 310	50	5,1	1
525 V 50 Hz	LPC 50 kVA, 480V, 50HZ	4656787	50	3 x 230,3	60,1	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 10 kVA, 525V, 50HZ	4656790	10	3 x 38,5	11	85 x 225	6	1,6	1
	LPC 12.5 kVA, 525V, 50HZ	4656791	12,5	3 x 48,1	13,7	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 15 kVA, 525V, 50HZ	4656792	15	3 x 57,7	16,5	100 x 225	10	2,2	1
	LPC 20 kVA, 525V, 50HZ	4656793	20	3 x 77	22	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 25 kVA, 525V, 50HZ	4656794	25	3 x 96,2	27,5	100 x 310	10	2,9	1
	LPC 30 kVA, 525V, 50HZ	4656795	30	3 x 115,5	33	120 x 310	25	3,9	1
	LPC 40 kVA, 525V, 50HZ	4656796	40	3 x 154	44	136 x 310	50	5,1	1
	LPC 50 kVA, 525V, 50HZ	4656797	50	3 x 192,5	55	136 x 310	50	5,1	1



Конденсаторы трехфазные LPC-DW

Особенности:

- запатентованная технология DW;
- защита по трем фазам;



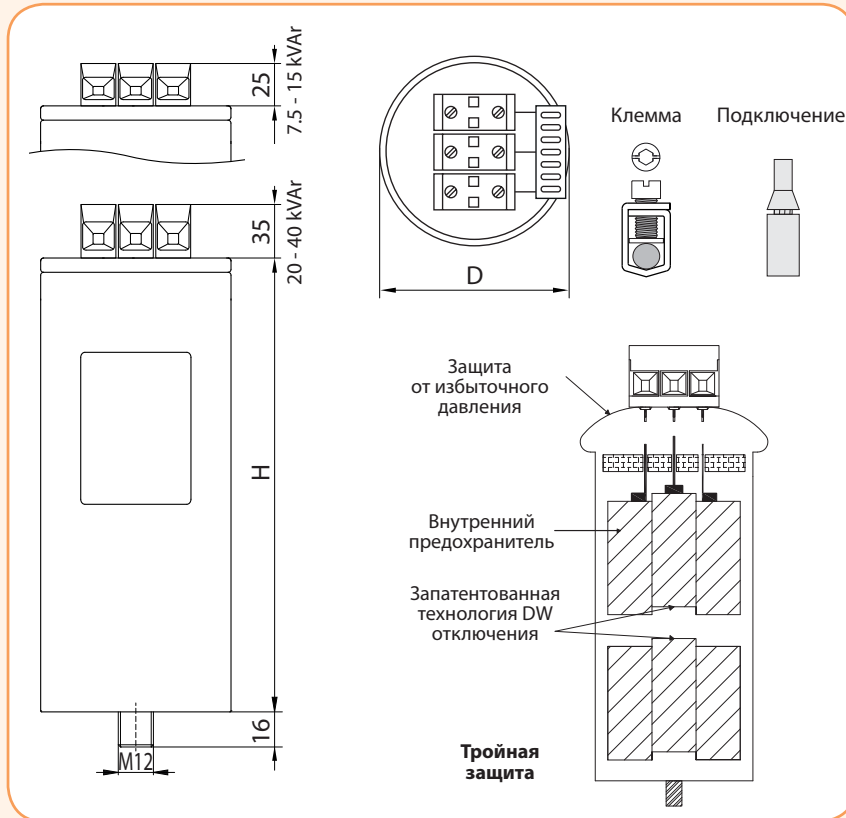
Применение - Конденсаторы используются для корректировки коэффициента мощности индуктивных потребителей (трансформаторов, электрических двигателей, ректификаторов)

Технические характеристики:

Номинальное напряжение U_n	400, 440 V
Номинальная частота	50 Hz (60 Hz - под заказ)
Допуск отклонения емкости	- 5 % до + 15 %
Потери:	- Диэлектрические - Суммарные
Степень защиты	IP 20
Время разряда	≤ 3 мин. 75 V
Соответствие стандартам	IEC 60831 - 1/2
Безопасность	самовосстановление диэлектрика, разведение избыточного давления
Диэлектрик	металлизированная полипропиленовая пленка;
Рабочая температура	- 25 °C до + 55 °C
Температура хранения	- 40 °C до + 70 °C
Допустимая перегрузка по напряжению	1,10 $\times U_n$ (номин. напряжение) (8 час./день) 1,15 $\times U_n$ (номин. напряжение) (30 мин./день) 1,20 $\times U_n$ (номин. напряжение) (5 мин./день) 1,30 $\times U_n$ (номин. напряжение) (1 мин./день)
Допустимая перегрузка по току	1,5 $\times I_n$ (номин. ток)
Макс. THD по напряжению	2 %
Макс. THD по току	25 %
Номинальный срок службы	100 000 ч. (темпер. класс D); 120 000 ч. (темпер. класс C)
Пусковой ток	200 $\times I_n$ макс.
Проведенные испытания	- между слоями 2,15 $\times U_n$, AC, 2 с. - слои - корпус 3 kV, AC, 10 с.
Влажность	Макс. 95 %
Высота	2000 м. над уровнем моря

U_n (V) f_n (Hz)	Тип	Код	Ном. мощность Q_n (kVar)	Ном. ёмкость C_n (µF)	Ном. ток I_n 50 Гц (A)	D - диаметр x H - высота (мм)	Сечение подкл. проводн. (мм²)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
400 V 50 Hz	LPC-DW 7.5 kVar, 400V, 50HZ	4656850	7,5	3x49,74	10,83	70 x 226	10	1,1	1
	LPC-DW 10 kVar, 400V, 50HZ	4656851	10	3x66,31	14,43	85 x 226	10	1,62	1
	LPC-DW 12.5 kVar, 400V, 50HZ	4656852	12,5	3x82,89	18,04	85 x 226	10	1,62	1
	LPC-DW 15 kVar, 400V, 50HZ	4656853	15	3x99,47	21,65	100 x 226	10	2,11	1
	LPC-DW 20 kVar, 400V, 50HZ	4656854	20	3x132,63	28,87	120 x 226	35	3,23	1
	LPC-DW 25 kVar, 400V, 50HZ	4656855	25	3x165,79	36,08	120 x 226	35	3,13	1
	LPC-DW 30 kVar, 400V, 50HZ	4656856	30	3x198,94	43,3	136 x 226	35	4,01	1
	LPC-DW 35 kVar, 400V, 50HZ	4656857	35	3x232	50,5	136 x 226	35	4,2	1
440 V 50 Hz	LPC-DW 40 kVar, 400V, 50HZ	4656867	40	3x265	57,7	136 x 226	35	4,2	1
	LPC-DW 7.5 kVar, 440V, 50HZ	4656858	7,5	3x 41,10	9,84	70 x 226	10	1,2	1
	LPC-DW 10 kVar, 440V, 50HZ	4656859	10	3x 54,81	13,12	70 x 226	10	1,1	1
	LPC-DW 12.5 kVar, 440V, 50HZ	4656860	12,5	3x 68,51	16,4	85 x 226	10	1,6	1
	LPC-DW 15 kVar, 440V, 50HZ	4656861	15	3x 82,21	19,68	85 x 226	10	1,6	1
	LPC-DW 20 kVar, 440V, 50HZ	4656862	20	3x109,61	26,24	100 x 226	10	2,08	1
	LPC-DW 25 kVar, 440V, 50HZ	4656863	25	3x137,01	32,8	120 x 226	35	3,21	1
	LPC-DW 30 kVar, 440V, 50HZ	4656864	30	3x164,42	39,36	120 x 226	35	4,07	1
	LPC-DW 35 kVar, 440V, 50HZ	4656865	35	3x191,82	45,93	136 x 226	35	4,11	1
	LPC-DW 40 kVar, 440V, 50HZ	4656866	40	3x219,22	52,49	136 x 226	35	4	1

Конденсаторы трехфазные LPC-DW (схема и габаритные размеры)



Разрядные резисторы

Применение - Дополнительные разрядные резисторы используются для более быстрого и безопасного разряда конденсаторов.

Для систем КРМ, которые снабжены дополнительными разрядными резисторами или разрядными катушками индуктивности время разряда конденсатора может быть значительно снижено, но не менее чем 60 секунд. Время разряда конденсатора влияет на быстродействие системы КРМ, что влечет за собой влияние на счета по оплате за генерацию-потребление реактивной энергии. Более низкое значение делает систему более маневренной, но может привести к выходу из строя конденсаторов!

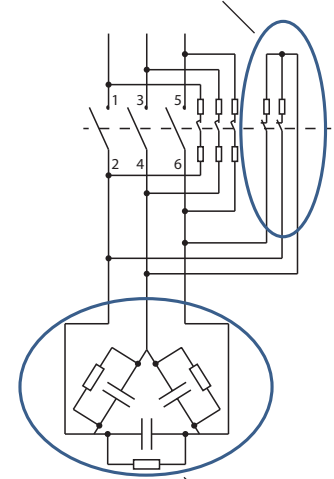
Набор из 2 дополнительных разрядных резисторов

Тип	Код	Описание	Сопротивление (Ω)	Мощность (W)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
LPC EDR 1K8, 10W	4656798	время разряда конденсатора менее 5с	1K8	10	30	200

*Для подключения дополнительных разрядных резисторов необходимо использовать два дополнительных контакта NC.



Дополнительные разрядные резисторы 1K8 10W с дополнительными NC-контактами



Разрядные резисторы, поставляемые в комплекте с конденсатором

Выбор предохранителей и сечения подключаемых проводников

Защита конденсаторов. Стандарты IEC 60269 и VDE 0636 регламентируют выбор предохранителей для применения в электрических цепях с индуктивной нагрузкой. Данный стандарт не рассматривает случаи, когда коэффициент мощности $\cos \phi$ меньше <0.1 , либо нагрузка носит емкостной характер. В настоящее время стандарты, сертификационные испытания параметров и характеристик отключения предохранителей, распространяются только на индуктивные нагрузки и являются недействительными для емкостных нагрузок. Несмотря на это, возможно применение предохранителей с характеристикой отключения gG для защиты конденсаторов компенсации реактивной мощности, при условии соблюдения нижеперечисленных правил.

Важно! Предохранители не должны использоваться для защиты конденсаторов от перегрузки. Защита от перегрузки должна осуществляться посредством внутреннего разъединителя избыточного давления, установленного в конденсатор. Плавкие предохранители должны применяться только для защиты от внешнего или внутреннего короткого замыкания конденсаторов или конденсаторной установки. Игнорирование данного правила может привести к повреждению установки компенсации реактивной мощности, в результате разрушения корпуса предохранителя.

При выборе предохранителей для защиты конденсаторов необходимо соблюдать следующие правила:

- Предохранители должны длительно выдерживать максимальный рабочий ток конденсаторов, который составляет $1.5 \times I_n$. Исходя из данного требования, рекомендуется выбирать предохранитель номиналом 1,6 - 1,8 от значения номинального тока конденсатора (при $\cos \phi$ не менее 0,7).

- Предохранители должны выдерживать пусковые токи конденсатора. При коммутации конденсаторов возникает большой пусковой ток, превышающий номинальное значение до 100 раз. Эти скачки тока постепенно уменьшают ресурс предохранителя, что в итоге может привести к его перегреву и ложному срабатыванию. Правильно подобранные предохранители (1,6 -1,8 от номинального тока конденсатора) с использованием электромеханических контакторов для коммутации трехфазных конденсаторов или полупроводниковых контакторов, которые активируются при пересечении напряжением нуля, позволяют избежать негативных воздействий пусковых токов.

- Не допустима продолжительная работа конденсаторов и предохранителей при наличии в сети высших гармоник или резонанса. При номинальной частоте питающей сети, конденсаторы имеют такое сопротивление, при котором исключается вероятность возникновения перегрузки. Устройства генерирующие высшие гармоники, оказывают дополнительную нагрузку на предохранители и конденсаторы. В промышленных сетях высшие гармоники могут достигать значений, сопоставимых с первой гармоникой. В данном случае предохранители, выбранные с меньшими, чем нужно, номинальными токами и напряжением могут перегреться и выйти из строя с последующим разрушением корпуса плавкой вставки. При наличии высших гармоник единственным решением является использование фильтрующих дросселей для защиты установки компенсации реактивной мощности от недопустимых перегрузок.

- Выбор предохранителей необходимо производить с учетом воздействия компенсационного (перетекающего) тока, который возникает между близлежащими конденсаторами установки. При переключении конденсатора или при возникновении неисправности, между конденсаторами, которые находятся рядом, начинает протекать компенсационный ток. В данной ситуации, номинальный ток предохранителей для защиты конденсаторов должен быть выбран на несколько порядков выше. Суммарный номинальный ток группы предохранителей должен быть выше минимум в 2,5 раза от номинального тока единичного предохранителя.

- Предохранители должны выдерживать высокое напряжение восстановления. Резонанс и повторное включение (заряд) при разряженных конденсаторах способен генерировать обратное напряжение, которое превосходит значение напряжения сети и как следствие номинальное значение напряжения предохранителей. При снижении тока до нуля, напряжение питания U_e и напряжение конденсатора U_n достигают своего максимального значения. При отключении в момент прохождения тока через ноль, напряжение конденсатора остается неизменным, в тот момент, как напряжение питания достигает своего максимального значения с противоположным знаком. Амплитуда напряжения восстановления U_f , приложенного к предохранителю, увеличивается в 2 раза (максимум в 2,5 раз в трехфазных сетях) в течении 5 мс. При возникновении повторного заряда (включении), конденсатор мгновенно меняет свою полярность на противоположную, при этом напряжение восстановления продолжает возрастать. Многократная быстрая перезарядка конденсатора может привести к повреждению предохранителей и остального оборудования электроустановки. Риск отказа предохранителя из-за избыточного напряжения восстановления может быть минимизирован выбором предохранителя с большим значением параметра напряжения по отношению к рабочему напряжению системы, а также использование предохранителей больших габаритных размеров. Также необходимо учитывать требование к времени разряда конденсатора при его повторном включении (обычно это время составляет около 3 мин. и устанавливается управляющим установкой контроллером).

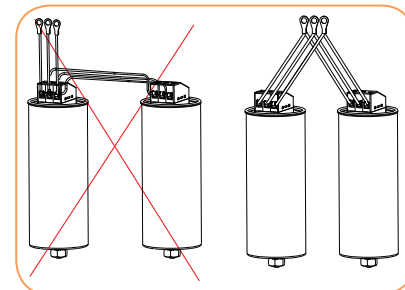
Конденсаторы

Номинальная мощность конденсатора	Номинальное напряжение (3-фазная сеть)					
	400V, 50Hz			525V, 50Hz		
	Номинал. ток конденсатора	Предохранитель gL/gG (500V)	Сечение подключаемых проводников	Номинал. ток конденсатора	Предохранитель gL/gG (690V)	Сечение подключаемых проводников
Q_n (kVar)	I_n (A)	(A)	(mm ² Cu)	I_n (A)	(A)	(mm ² Cu)
2,5	3,6	10	2,5	2,7	10	1,5
5	7,4	16	2,5	5,5	10	1,5
7,5	10,8	20	2,5	8,3	16	2,5
10	14,4	25	4,0	11,0	20	2,5
12,5	18,1	32	6,0	13,8	32	2,5
15	21,6	35	6,0	16,5	25	4,0
20	29,0	50	10,0	22,0	35	6,0
25	36,0	63	10,0	27,5	50	10,0
30	43,0	80	16,0	33,0	63	16,0
40	58,0	100	25,0	44,0	80	25,0
50	72,0	125	35,0	55,0	100	35,0
60	87,0	160	50,0	66,0	125	50,0
75	108,0	160	50,0	82,0	125	50,0
80	115,0	200	70,0	88,0	160	70,0
100	144,0	250	95,0	110,0	200	70,0

Важно! Значения номинальных токов защитных предохранителей и сечений подключаемых проводников, указанные в таблице (ориентировочные) действительны для нормальных условий работы (при температуре окружающей среды не более 30°C, при отсутствии гармонических искажений в сети и при выполнении требований предъявляемых к сборке такого типа установок и т.п.). Во всех остальных случаях следует внимательно рассчитывать параметры защитных элементов с учетом поправочных коэффициентов и условий эксплуатации.

Значение номинального тока конденсатора при различном напряжении можно пересчитать по соответствующим коэффициентам: (230V - 1.74 / 440V - 0.91 / 480V - 0.83 / 525V - 0.76). Однако следует принять во внимание, что вышеперечисленные значения коэффициентов - условные, т.к. на них оказывают влияние: температура внутри шкафа, качество кабеля, максимальная температура изоляции кабеля, использование одно- или многожильного кабеля, а также его длина.

ВНИМАНИЕ! Параллельное соединение двух и более конденсаторов между собой через одни клеммы запрещено.



Формулы расчета

Мощность конденсатора, трехфазного:

$$Q_c = C \cdot 3 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n$$

Пример: 3 x 331.5μF при 400V/50Hz
 $0.0003315 \cdot 3 \cdot 400^2 \cdot 314.16 = 50 \text{ kVar}$

Резонансная частота (f_r) и коэффициент фильтрации (p) в системах с фильтровой компенсацией:

$$f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{1}{p}} \quad \text{или} \quad p = \left(\frac{f_n}{f_r}\right)^2$$

Пример: $p=0.07$ при частоте 50 Hz
 $f_r = 189 \text{ Hz}$

Расчет коэффициента мощности $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{или} \quad \cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \varphi}} \quad \text{или} \quad \cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2}}$$

Выбор предохранителя (gG):

$I_n (\text{fuse}) = 1,6 - 1,8 \cdot I (\text{capasitor})$
 Для $U_c=400V$, $U_n (\text{fuse})=500...690V$

Пример: $Q_c=25\text{kVar}$, $U_c=400V$
 $I_n (\text{fuse})=1,6 \cdot 36=57,6 \Rightarrow 63A$, $U_n=500...690V$, (gG)

Мощность конденсатора, трехфазного с фильтрующим дросселем:

$$Q_c = \frac{C \cdot 3 \cdot V^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n}{1 - p}$$

Пример: 3 x 331.5μF при 400V/50Hz при $p = 7\%$
 $0.0003315 \cdot 3 \cdot 400^2 \cdot 314.16 / 1 - 0.07 = 53.8 \text{ kVar}$

Фазный ток конденсатора:

$$I = \frac{Q_c}{V \cdot \sqrt{3}} \quad \text{или} \quad Q_c = I \cdot V \cdot \sqrt{3}$$

Пример: 25 kVar при 400V
 $25000 / (400 \cdot 1.73) = 36 \text{ A}$

V - Ном. напряжение (V)

I - Ном. ток (A)

U_c - Напряжение сети (V)

f_n - Ном. частота сети (Hz)

f_r - Резонансная частота (Hz)

p - Коэффициент фильтрации (%)

Q_c - Мощность конденсатора (Var)

C - Емкость (F, farad)

P - Активная мощность (W)

S - Полная мощность (VA)

Q - Реактивная мощность (Var)

Мощность конденсаторов для индивидуальной компенсации двигателей

Номинальная мощность двигат. (kW)	Мощность конденсаторов в kVAr с учетом мощности двигателей, вращающего момента и нагрузки									
	3000 об/мин		1500 об/мин		1000 об/мин		750 об/мин		500 об/мин	
	Холостой ход (kVAr)	Полная нагрузка (kVAr)	Холостой ход (kVAr)	Полная нагрузка (kVAr)	Холостой ход (kVAr)	Полная нагрузка (kVAr)	Холостой ход (kVAr)	Полная нагрузка (kVAr)	Холостой ход (kVAr)	Полная нагрузка (kVAr)
5,5	2,2	2,9	2,4	3,3	2,7	3,6	3,2	4,3	4	5,2
7,5	3,4	4,4	3,6	4,8	4,1	5,4	4,6	6,1	5,5	7,2
11	5	6,5	5,5	7,2	6	8	7	9	7,5	10
15	6,5	8,5	7	9,5	8	10	9	12	10	13
18,5	8	11	9	12	10	13	11	15	12	16
22	10	12,5	11	13,5	12	15	13	16	15	19
30	14	18	15	20	17	22	22	25	22	28
37	18	24	20	27	22	30	26	34	29	39
45	19	28	21	31	24	34	28	38	31	43
55	22	34	25	37	28	41	32	46	36	52
75	28	45	32	49	37	54	41	60	45	68
90	34	54	39	59	44	65	49	72	54	83
110	40	64	46	70	52	76	58	85	63	98
132	45	72	53	80	60	87	67	97	75	110
160	54	86	64	96	72	103	81	116	91	132
200	66	103	77	115	87	125	97	140	110	160
250	75	115	85	125	95	137	105	150	120	175

Описание - Необходимая мощность конденсатора вычисляется по следующей формуле:

$$Q_n = 0,9 \cdot U_n \cdot I_{mag} \cdot \sqrt{3}$$

где:

Q_n - номинальная мощность конденсатора (kVAr)

U_n - номинальное напряжение двигателя (кV)

I_{mag} - намагничивание двигателя (A)

Мощность конденсаторов должна составлять от 35% до 50% от номинальной мощности генератора. Поскольку рабочая мощность генератора подвержена большим колебаниям, мощность подключаемых конденсаторов должна регулироваться автоматически.

Зависимость мощности конденсатора от величины напряжения

Формула зависимости номинальной мощности конденсатора от напряжения в сети

$$(U_e / U_n)^2 \cdot Q_c = Q_f$$

где:

U_e - напряжение сети;

U_n - номинальное напряжение конденсатора;

Q_c - номинальная мощность конденсатора;

Q_f - фактическая мощность конденсатора.

Номинальное напряжение и частота	Номинальная ёмкость (μF)	Номинальная мощность (kVAr) при $U_n = 380 V$	Номинальная мощность (kVAr) при $U_n = 400 V$	Номинальная мощность (kVAr) при $U_n = 420 V$	Номинальная мощность (kVAr) при $U_n = 440 V$
400 V 50 HZ	3 x 16,6	2,3	2,5	-	-
	3 x 19,9	2,7	3	-	-
	3 x 26,5	3,6	4	-	-
	3 x 33,2	4,5	5	-	-
	3 x 66,3	9,0	10	-	-
	3 x 83,3	11,3	12,5	-	-
	3 x 100	13,6	15	-	-
	3 x 133,0	18,1	20	-	-
	3 x 165,8	22,6	25	-	-
	3 x 198,9	27,1	30	-	-
440 V 50 HZ	3 x 265,0	36,1	40	-	-
	3 x 331,5	45,1	50	-	-
	3 x 13,7	1,9	2,1	2,3	2,5
	3 x 16,5	2,2	2,5	2,7	3
	3 x 21,9	3,0	3,3	3,6	4
	3 x 27,4	3,7	4,1	4,6	5
	3 x 54,9	7,5	8,3	9,1	10
	3 x 68,6	9,3	10,3	11,4	12,5
	3 x 82,3	11,2	12,4	13,7	15
	3 x 110,0	14,9	16,5	18,2	20
	3 x 137,1	18,6	20,7	22,8	25
	3 x 164,4	22,4	24,8	27,3	30
	3 x 219,0	29,8	33	36,4	40
	3 x 274,0	37,3	41,3	45,6	50

Подбор конденсаторов для компенсации реактивной мощности трансформаторов

Номинальная мощность трансформатора (кВт)	Мощности конденсаторов I_n (кВАр) с учетом первичных напряжений и нагрузки					
	5 - 10 кВ		15 - 20 кВ		25 - 30 кВ	
	Холостой ход (кВАр)	Полная нагрузка (кВАр)	Холостой ход (кВАр)	Полная нагрузка (кВАр)	Холостой ход (кВАр)	Полная нагрузка (кВАр)
5	0,75	1	0,8	1,1	1	1,3
10	1,2	1,7	1,5	2	1,7	2,2
20	2	3	2,5	3,5	3	4
25	2,5	3,5	3	4	4	5
75	5	8	6	9	7	11
100	6	10	8	11	10	13
160	10	12	12	15	15	18
200	11	17	14	19	18	22
250	15	20	18	22	20	25
315	18	25	20	28	24	32
400	20	30	22	36	28	40
500	22	40	25	45	30	50
630	28	46	32	52	40	62
1000	45	80	50	85	55	95
1250	50	85	55	90	60	100
1600	70	100	60	110	70	120
2000	80	160	85	170	90	180
5000	150	180	170	200	200	250

Компенсироваться должна только реактивная мощность холостого хода трансформатора. Для трехфазных трансформаторов, в зависимости от их мощности, компенсируемая мощность составляет от 3 до 10% от номинальной мощности.

Мощность конденсаторов ограничивается мощностью сварочного трансформатора и составляет от 40 до 50% его полной мощности. В сварочных полупроводниковых выпрямителях постоянного тока мощность составляет 10% от их полной мощности. Для сварочных преобразователей выбор производится так же, как и для электродвигателей переменного тока.

Таблица определения реактивной мощности конденсаторной установки (кВАр), необходимой для достижения заданного $\cos \varphi$

P – действительная мощность нагрузки
 $\cos \varphi_0$ – $\cos \varphi$ системы без компенсации коэффициента мощности
 $\cos \varphi_1$ – требуемый $\cos \varphi$
 Q_c – реактивная мощность системы компенсации коэффициента мощности, которую необходимо установить
 K – коэффициент соотношения $\cos \varphi_0$ и $\cos \varphi_1$ (см. таблицу ниже)

Фактический коэффициент мощности $\cos \varphi_0$	Необходимый коэффициент мощности - $\cos \varphi_1$												
	0,7	0,75	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00
0,5	0,71	0,85	0,98	1,03	1,09	1,14	1,19	1,25	1,31	1,37	1,44	1,53	1,73
0,52	0,62	0,76	0,89	0,94	1	1,05	1,1	1,16	1,22	1,28	1,35	1,44	1,64
0,54	0,54	0,68	0,81	0,86	0,91	0,97	1,02	1,07	1,13	1,2	1,27	1,36	1,56
0,56	0,46	0,6	0,73	0,78	0,83	0,89	0,94	1	1,05	1,12	1,19	1,28	1,48
0,58	0,38	0,52	0,65	0,71	0,76	0,81	0,86	0,92	0,98	1,04	1,11	1,2	1,4
0,6	0,31	0,45	0,58	0,64	0,69	0,74	0,79	0,85	0,91	0,97	1,04	1,13	1,33
0,62	0,25	0,38	0,52	0,57	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,9	0,97	1,06	1,27
0,64	0,18	0,32	0,45	0,5	0,55	0,61	0,66	0,72	0,77	0,84	0,91	1	1,2
0,66	0,12	0,26	0,39	0,44	0,49	0,54	0,6	0,65	0,71	0,78	0,85	0,94	1,14
0,68	0,06	0,2	0,33	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,65	0,72	0,79	0,88	1,08
0,7		0,14	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	1,02
0,72		0,08	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,6	0,67	0,76	0,96
0,74		0,03	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,62	0,71	0,91
0,76			0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,49	0,56	0,65	0,86
0,78			0,05	0,1	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,44	0,51	0,6	0,8
0,8				0,05	0,1	0,16	0,21	0,27	0,32	0,39	0,46	0,55	0,75
0,82					0,05	0,1	0,16	0,21	0,27	0,34	0,41	0,49	0,7
0,84						0,05	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,44	0,65
0,86							0,05	0,11	0,17	0,23	0,3	0,39	0,59
0,88								0,06	0,11	0,18	0,25	0,34	0,54
0,9									0,06	0,12	0,19	0,28	0,48
0,92										0,06	0,13	0,22	0,43
0,94											0,07	0,16	0,36

Коэффициент K , на который умножается эффективная энергия, расходуемая в кВт для определения кВАр необходимого для компенсации коэффициента мощности.

Емкостная реактивная мощность вычисляется по формуле:

$$Q_c = P \cdot K$$