

КОНДЕНСАТОРЫ ТРЕХФАЗНЫЕ	2
КОНДЕНСАТОРЫ ТРЕХФАЗНЫЕ СУХИЕ	8
КОНТАКТОРЫ ДЛЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ	13
РЕГУЛЯТОРЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	14

КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ



Трехфазные конденсаторы KNK

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

Виды конденсаторов KNK

Для внутренней установки

KNK 5065 - трехфазный в цилиндрическом корпусе

KNK 6049 - трехфазный в цилиндрическом корпусе

KNK 9053 - трехфазный в цилиндрическом корпусе

KNK 9103 - трехфазный в призме

KNK 1053 - трехфазный в цилиндрическом корпусе (сухой)

Буквенные обозначения, применяемые для обозначения конденсаторов

1 буква в маркировке

Тип изделия: К – конденсатор

2 буква в маркировке

Материал диэлектрика:

С – металлизированная поликарбонатная пленка

Е – металлизированная полиэтилентерефталатная пленка

Ф – полиэтилентерефталатная пленка

К – поликарбонатная пленка

Н – металлизированная полипропиленовая пленка

Р – полипропиленовая пленка

3 буква в маркировке

Область применения:

И – импульсный

К – компенсации реактивной мощности

Р – промышленного использования

У – универсального применения

А – автомобильный

Цифровой код, используемый в обозначении

1 цифра - направление продукции

2 цифра - тип корпуса

3 цифра - тип конструкции

4 цифра - тип выходных клемм

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 0,1%). 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. Сборка готовых изделий осуществляется на автоматизированных линиях собственного производства. На всех стадиях технологического процесса производства конденсаторов проводится измерение основных параметров изделия. Конденсаторы выпускаются в двух основных вариантах корпуса: в алюминиевом исполнении и в корпусе из самогасящегося пластика с различными вариантами выводов.

Конденсаторы KNK

Конструкция

Конденсаторы состоят из цилиндрического алюминиевого корпуса, внутри которого установлен диэлектрик с тремя пропиленовыми металлизированными слоями, что позволяет обеспечить низкий уровень потерь и высокую устойчивость к высоким импульсным токам.

Все внутренние полости между обмотками, а также между обмотками и корпусом заполняются специальным пропитывающим составом. Кроме увеличения диэлектрической прочности пропитка значительно улучшает теплоотдачу изнутри корпуса.

Конденсаторы пропитаны растительным маслом, не содержащим ПХБ (полихлорированных бифенилов) и галагеносодержащих веществ и является биологически распадающимся.

Испытания конденсаторов

В ходе производственного процесса, конденсаторы подвергаются следующим тестам:

- испытание на герметичность (+90 °C в течении 6 часов)
- испытание на пробой между слоями по напряжению (2,15Un в течении 2с)
- испытание на пробой между слоями и корпусом по напряжению (3600В в течении 2 с)

Защита от избыточного давления

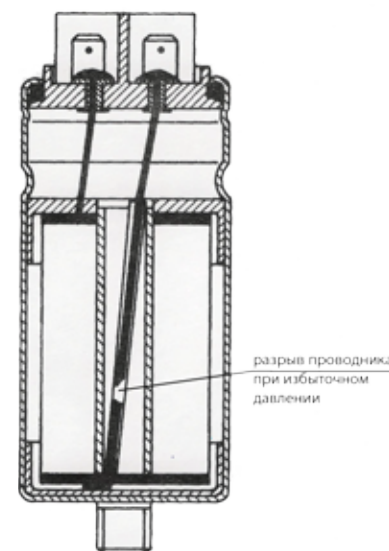
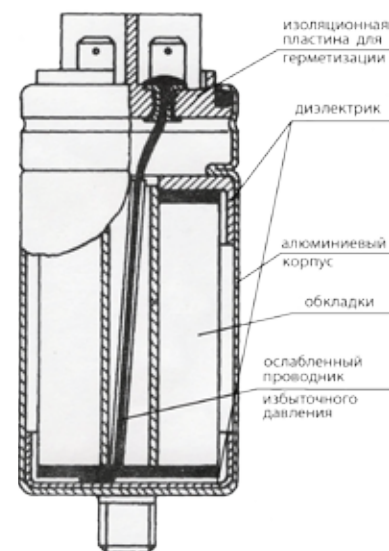
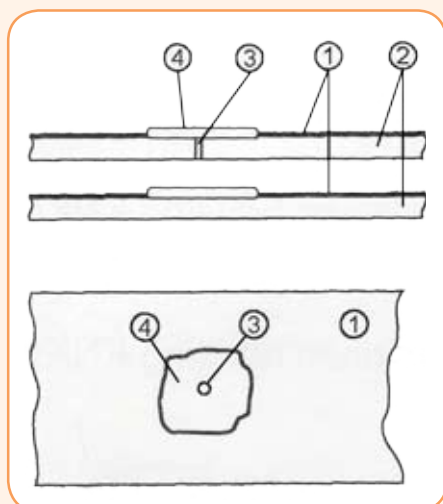
Для обеспечения защиты внутренних элементов конденсатора применяется разъединитель, который срабатывает при возникновении избыточного давления. Назначением устройства является прерывание короткого замыкания при достижении конденсатором окончания срока службы и его неспособности к последующему восстановлению. Это устройство разрывает соединения терминала, используя внутреннее давление, которое образуется во время разрушения пленки от перегрева, вызванного коротким замыканием.

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.

Самовосстановление конденсаторов KNK.

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



Трехфазные конденсаторы KNK 5065

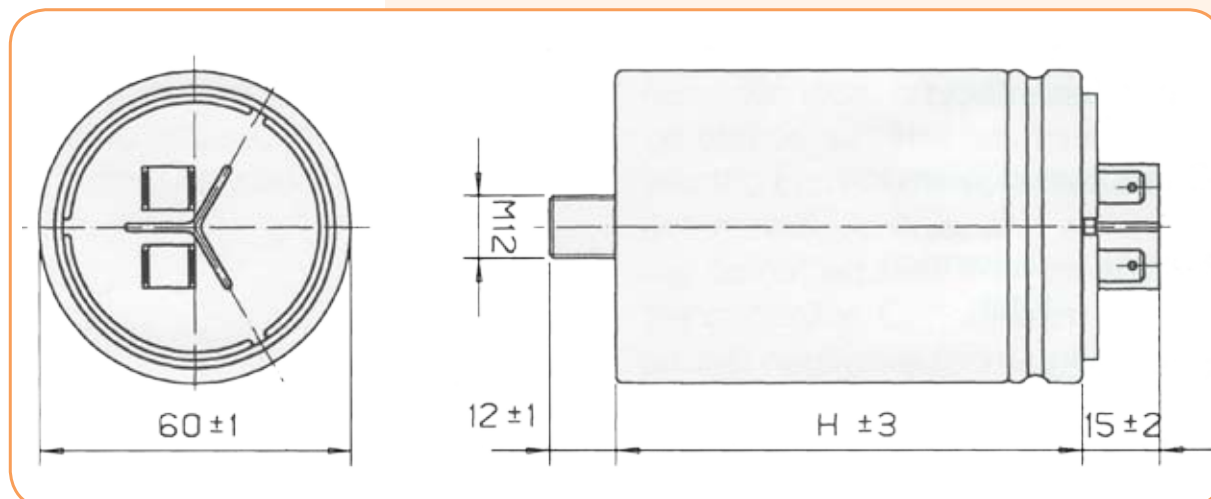


Технические характеристики:

Номинальное напряжение Un	400, 440 V
Номинальная частота	50Hz
Отклонение емкости	- 5% до + 15%
Потери:	
- Диэлектрические	< 0,2 W/kVar
- Суммарные	< 0,5 W/kVar
Безопасность	самовосстановление, разъединитель избыточного давления
Диэлектрик	полипропиленовая пленка; растительное масло, без ПХБ
Рабочая температура	-25 °C до + 55 °C
Температура хранения	-40 °C до + 70 °C
Допустимая перегрузка	1,1 × Un (8 часов/день) 1,3 × In (номинальный ток)
Пусковой ток	100 × In макс.
Проведенные испытания	- между слоями 2,15 × Un, AC, 2 с. - слои - корпус 3,6 kV, AC, 2 с.

Номинальное напряжение и частота	Номинальная мощность (kVar)	Код	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Размеры Н (мм)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
400 V 50 HZ	2,5	4656501	3 x 16,6	3,6	145	0,45	1/36
	3	4656502	3 x 19,9	4,3	145	0,45	1/36
	4	4656503	3 x 26,5	5,8	185	0,55	1/36
	5	4656504	3 x 33,2	7,2	185	0,55	1/36
440 V 50 Hz	2,5	4656518	3 x 13,7	3,3	145	0,45	1/36
	3	4656519	3 x 16,5	3,9	145	0,45	1/36
	4	4656520	3 x 21,9	5,3	185	0,55	1/36
	5	4656521	3 x 27,4	6,6	185	0,55	1/36

* Конденсаторы с номинальным напряжением 460 V, 525 V - под заказ

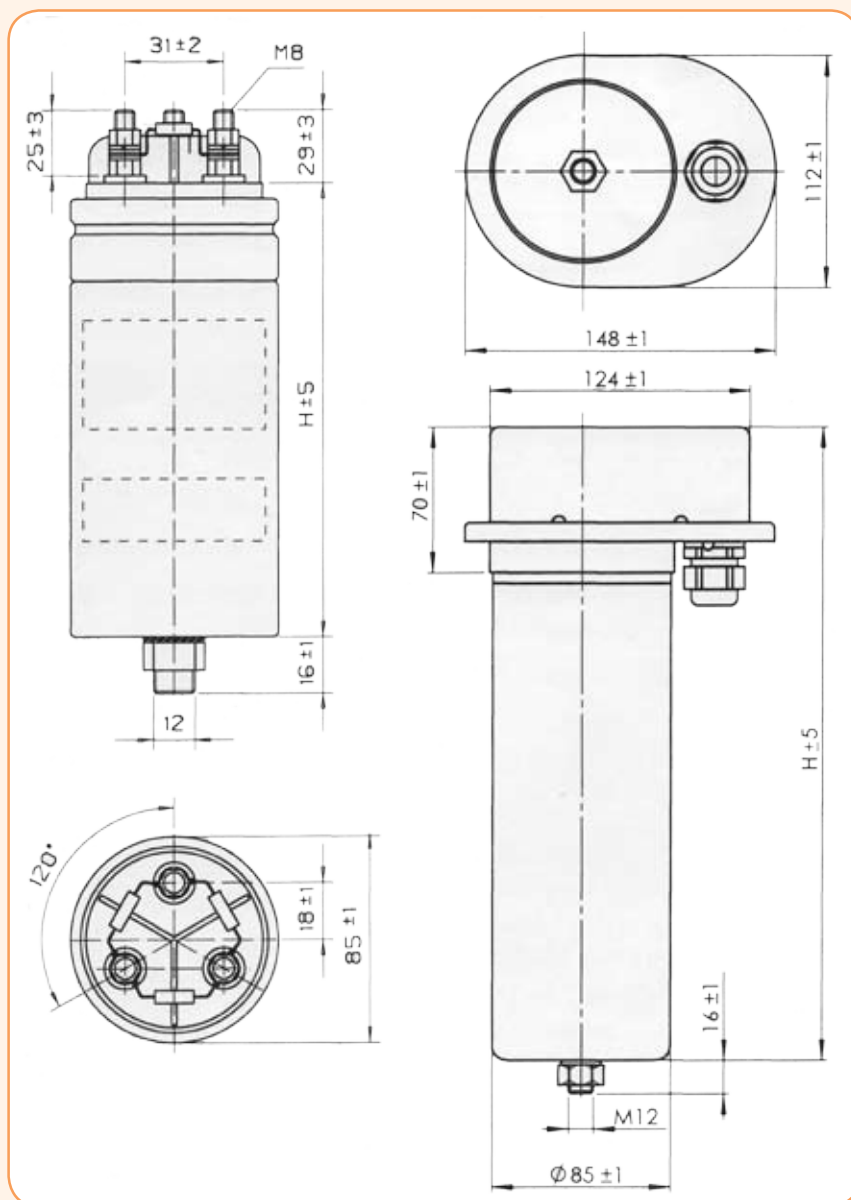


Трёхфазные конденсаторы KNK 6049

Номинальное напряжение и частота	Номинальная мощность (kVar)	Код	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Размеры Н (мм)	Вес (кг)	Упаковка (шт.)
400 V 50 HZ	10	4656505	3 x 66,3	14,4	220	1,35	1/16
	12,5	4656506	3 x 83,3	18,0	260	1,60	1/16
	15	4656507	3 x 100	21,7	260	1,60	1/16
	20	4656508	3 x 133,0	28,9	325	1,90	1/16
	25	4656509	3 x 165,8	36,1	370	2,20	1/16
440 V 50 Hz	10	4656522	3 x 54,8	13,1	220	1,35	1/16
	12,5	4656523	3 x 68,5	16,4	260	1,60	1/16
	15	4656524	3 x 82,5	19,7	295	1,75	1/16
	20	4656525	3 x 109,7	26,2	370	2,20	1/16
	25	4656526	3 x 137,1	32,8	370	2,20	1/16

* Конденсаторы с номинальным напряжением 420 V, 460 V, 480 V, 500 V, 520 V - под заказ

** Конденсаторы с частотой 60 Гц - под заказ



Защитная крышка

Тип	Код	Размеры (мм) ВхШхГ
Крышка KNK 6049	4656527	112x148x70



Трехфазные конденсаторы KNK 9053



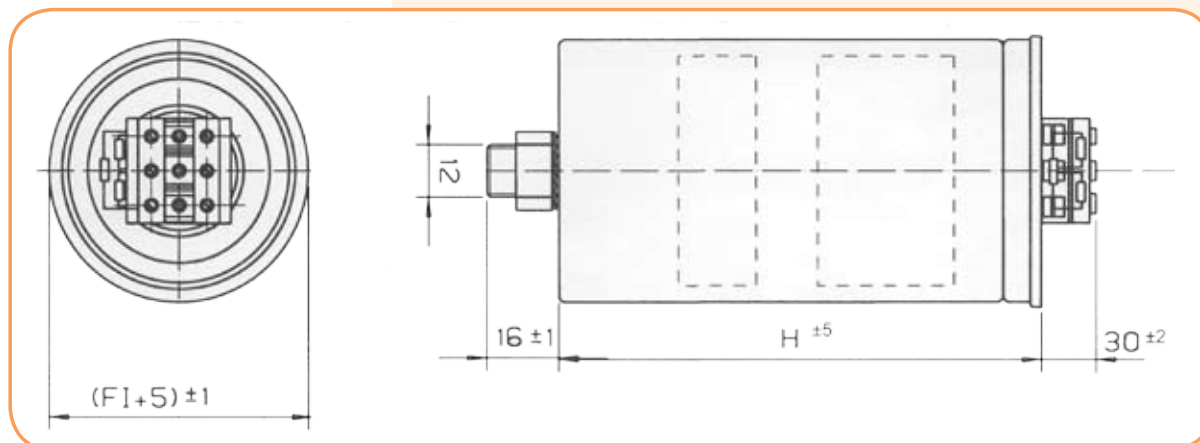
Технические характеристики:

Номинальное напряжение Un	400, 440 V
Номинальная частота	50Hz
Отклонение емкости	- 5 % до + 15 %
Потери:	
- Диэлектрические	< 0,2 W/kvar
- Суммарные	< 0,5 W/kvar
Степень защиты	IP 20
Время разряда	≤ 3 мин. 75 V
Соответствие стандартам	IEC 60831 - 1/2
Безопасность	самовосстановление, разъединитель избыточного давления
Диэлектрик	полипропиленовая пленка; растительное масло, без ПХБ
Рабочая температура	- 25 °C до + 55 °C
Температура хранения	- 40 °C до + 70 °C
Допустимая перегрузка	1,1 × Un (8 часов/день) 1,3 × In (номин.ток)
Пусковой ток	130 × In макс.
Проведенные испытания	- между слоями 2,15 × Un, AC, 2 с. - слои - корпус 3,6 kV, AC, 2 с.

Номинальное напряжение и частота	Номинальная мощность (kvar)	Код	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Размеры		Вес (кг)	Упаковка (шт.)
					H (мм)	FI (мм)		
400 V 50 Hz	10	4656528	3 x 66,3	14,4	205	90	1,35	1/16
	12,5	4656529	3 x 83,3	18,0	205	90	1,35	1/16
	15	4656530	3 x 100	21,7	240	90	1,60	1/16
	20	4656531	3 x 133,0	28,9	205	116	1,90	1/9
	25	4656532	3 x 165,8	36,1	240	116	2,20	1/9
	30	---						
440 V 50 Hz	10	4656533	3 x 54,8	13,1	205	90	1,35	1/16
	12,5	4656534	3 x 68,5	16,4	205	90	1,35	1/16
	15	4656535	3 x 82,5	19,7	240	90	1,60	1/16
	20	4656536	3x110,0	26,2	205	116	1,90	1/9
	25	4656537	3 x 137,1	32,8	240	116	2,20	1/9
	30	4656550	3 x 164,4	43,3	240	116	2,20	1/9

* Конденсаторы с номинальным напряжением 380 V, 420 V, 460 V, 525 V - под заказ

** Конденсаторы с частотой 60 Гц - под заказ



Трёхфазные конденсаторы KNK 9103

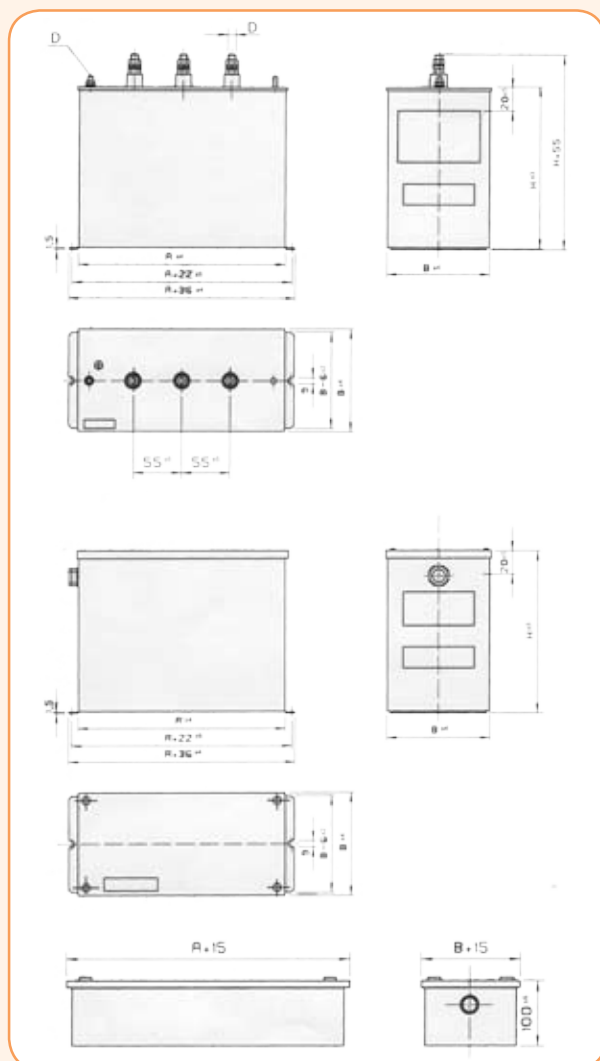
Номинальное напряжение и частота	Номинальная мощность (kVar)	Код	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Размеры			D	Вес (кг)
					A (мм)	H (мм)	B (мм)		
400 V 50 Hz	5	4656510	3 x 33,2	7,2	190	190	70	M 8	2,95
	7,5	4656511	3 x 49,7	10,8	190	190	70	M 8	3,05
	10	4656512	3 x 66,3	14,4	190	190	70	M 8	3,25
	15	4656538	3 x 99,5	21,7	190	190	70	M 8	3,65
	20	4656513	3 x 132,6	28,9	380	190	70	M 8	5,65
	25	4656514	3 x 165,8	36,1	380	190	70	M 8	5,95
	30	4656515	3 x 198,9	43,3	380	190	70	M 8	6,25
	40	4656539	3 x 265,3	57,7	380	380	140	M 12	8,30
	50	4656516	3 x 331,6	72,2	380	380	140	M 12	9,65
	60	4656517	3 x 397,9	86,6	380	380	140	M 12	10,25
440 V 50 Hz	5	4656540	3 x 27,4	6,5	190	190	70	M 8	2,95
	7,5	4656541	3 x 41,1	9,8	190	190	70	M 8	3,05
	10	4656542	3 x 54,8	13,1	190	190	70	M 8	3,25
	15	4656543	3 x 82,2	19,7	190	190	70	M 8	3,65
	20	4656544	3 x 109,6	26,3	380	190	70	M 8	3,65
	25	4656545	3 x 137,0	32,8	380	190	70	M 8	5,95
	30	4656546	3 x 164,4	39,4	380	190	70	M 8	6,25
	40	4656547	3 x 219,2	52,6	380	380	140	M 12	8,30
	50	4656548	3 x 272,0	65,6	380	380	140	M 12	9,65
	60	4656549	3 x 328,8	78,8	380	380	140	M 12	10,25

* Конденсаторы KNK 9143 50, 60 Гц - под заказ

** Конденсаторы KNK 9103 60 Гц - под заказ

Защитная крышка

Тип	Код
Крышка KNK 9103	4656518



Трехфазные конденсаторы сухие KNK 1053



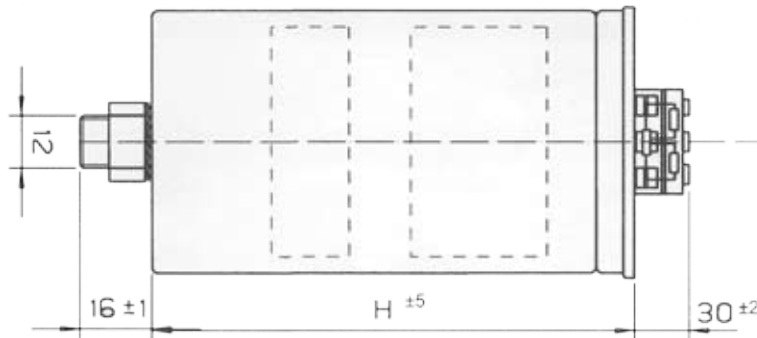
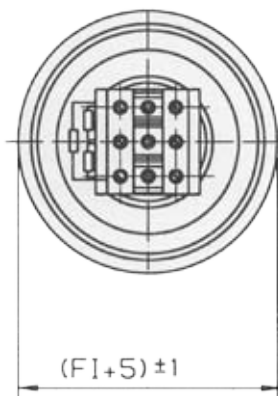
Технические характеристики:

Номинальное напряжение Un	400, 440 V
Номинальная частота	50Hz
Отклонение емкости	- 5 % до + 15 %
Потери:	
- Диэлектрические	< 0,2 W/kvar
- Суммарные	< 0,5 W/kvar
Степень защиты	IP 20
Время разряда	≤ 3 мин. 75 V
Соответствие стандартам	IEC 60831 - 1/2
Безопасность	самовосстановление, разъединитель избыточного давления
Диэлектрик	полипропиленовая пленка; растительное масло, без ПХБ
Рабочая температура	- 25 °C до + 55 °C
Температура хранения	- 40 °C до + 70 °C
Допустимая перегрузка	1,1 × Un (8 часов/день) 1,3 × In (номин.ток)
Пусковой ток	130 × In макс.
Проведенные испытания	- между слоями 2,15 × Un, AC, 2 с. - слои - корпус 3,6 kV, AC, 2 с.

Номинальное напряжение и частота	Номинальная мощность (kvar)	Код	Номинальная ёмкость (µF)	Номинальный ток 50 Гц (A)	Размеры		Вес (кг)	Упаковка (шт.)
					H (мм)	FI (мм)		
440 V 50 Hz	10	4656551	3 x 54,9	13,1	205	90	1,20	1/16
	12,5	4656552	3 x 68,6	16,4	205	90	1,20	1/16
	15	4656553	3 x 82,3	19,7	240	90	1,40	1/16
	20	4656554	3x110,0	26,2	205	116	1,60	1/9
	25	4656555	3 x 137,1	32,8	240	116	1,90	1/9
	30	4656556	3 x 164,4	39,4	280	116	2,30	1/9

* Конденсаторы с номинальным напряжением 380 V, 420 V, 460 V, 525 V - под заказ

** Конденсаторы с частотой 60 Гц - под заказ



Мощность конденсаторов для индивидуальной компенсации двигателей

Номинальная мощность двигателя (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 (kV)

I_{mag} - намагничивание двигателя (A)

Следующая таблица предоставляет характеристики предохранителей для защиты конденсаторных батарей разных мощностей, от токов короткого замыкания и перегрузки.

Расчет предохранителя для защиты конденсаторных батарей производится по формуле:

$$I_n / A = k \cdot Q_n / kVar$$

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.

Защита конденсаторов компенсации реактивной мощности плавкими предохранителями

Таблица подбора предохранителей для устройств компенсации реактивной мощности (Предохранители соответствуют стандарту IEC 60269-2-1)

Европейские стандарты IEC 60269-1, IEC 60269-2 и IEC 60269-2-1 не устанавливают никаких требований проведения тестов или испытаний предохранителей в цепях содержащих конденсаторные батареи. Исходя из многолетней инженерной практики и проведения испытаний и тестов нашими специалистами, мы подготовили таблицу подбора плавких предохранителей (согласно IEC 60269-2-1) с характеристикой gL/gG. Данный тип предохранителей должен защищать конденсаторные батареи от токов короткого замыкания и соответствовать следующим требованиям:

- выдерживать высокий кратковременный пусковой ток до 100 раз превышающий номинальный ток конденсаторных батарей
- выдерживать продолжительный рабочий ток превышающий до 1,5 In конденсаторной батареи (включая гармоники)
- выдерживать повышения напряжения до 20% от U_n до 5 мин.
- выдерживать изменение емкости (соответственно напряжения) до + 15%
- выдерживать повышение напряжения до 10% от U_n до 8 часов

	Номинальное напряжение (3-х фазное 50Гц)		
Конденсаторные батареи Un	400 V (k = 2,5)	525 V (k = 2)	690 V (k = 1,5)
Предохранители Un	500 V	690 V	1000 V*
Тип конденсатора Qn	Номинальный ток In предохранителя		
до 5 kVar	16 A		
до 7,5 kVar	20 A		
до 12,5 kVar	32 A (35 A)	32 A (35 A)	
до 20 kVar	50 A		32 A (35 A)
до 25 kVar	63 A	50 A	
до 30 kVar	80 A	63 A	50 A
до 40 kVar	100 A	80A	63 A
до 50 kVar	125 A	100 A	80A
до 60 kVar	160 A	125 A	100 A
до 80 kVar	200 A	160 A	125 A
до 100 kVar	250 A	200 A	160 A
до 125 kVar	315 A	250 A	200 A
до 160 kVar	400 A	315 A	250 A
до 200 kVar	500 A	400 A	315 A
до 250 kVar	630 A	500 A	400 A

* Возможно применение предохранителя на 690V но не менее 1-ого габарита

Подбор конденсаторов для компенсации реактивной мощности трансформаторов

Покрываться 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.

Номинальная мощность трансформатора (кВт)	Мощности конденсаторов I _н (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

Расчёт требуемой реактивной мощности для компенсации коэффициента мощности

P – действительная мощность системы
 $\cos \varphi_0$ – $\cos \varphi$ 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)

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

Емкостная реактивная мощность вычисляется по формуле:

$$Q_c = P \cdot K$$

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

Теория компенсации реактивной мощности

В электрических цепях протекающий ток синфазен (не опережает и не запаздывает) от напряжения, когда нагрузка имеет активный (резисторы) характер. Когда ток отстает от напряжения, нагрузка индуктивная (двигатели, трансформаторы на холостом ходу), когда ток опережает напряжение, нагрузка имеет емкостной характер (конденсаторы).

Суммарный ток, потребляемый двигателем, определяется векторной суммой

1. I_a - активный ток

2. I_{pi} - реактивный ток индуктивного характера

К этим токам привязаны мощности потребляемые двигателем.

1. P - активная мощность привязана к I_a (по всем гармоникам суммарно)

2. Q - реактивная мощность привязана к I_{pi} (по всем гармоникам суммарно)

3. S - полная мощность потребляемая двигателем (по всем гармоникам суммарно)

Реактивная мощность не производит механической работы, хотя она и необходима для работы двигателя, поэтому ее необходимо получать на месте, чтобы не потреблять ее от энергоснабжающей организации. Тем самым мы снижаем нагрузку на провода и кабели, повышаем напряжение на клеммах двигателя, снижаем платежи за реактивную мощность, имеем возможность подключить дополнительное оборудование за счет снижения тока потребляемого с силового трансформатора.

Параметры определяющие потребление реактивной мощности называются POWER FACTOR или $\cos(\varphi)$

$P_{1\text{гarm}}$ - активная мощность первой гармоники 50 Гц

$S_{1\text{гarm}}$ - полная мощность первой гармоники 50 Гц

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Таким образом, $\cos(\varphi)$ уменьшается, когда потребление реактивной мощности нагрузкой увеличивается. Необходимо стремиться к повышению $\cos(\varphi)$, т.к. низкий $\cos(\varphi)$ несет следующие проблемы:

1. Высокие потери мощности в электрических линиях (протекание тока реактивной мощности)
2. Высокие перепады напряжения в электрических линиях (например 330...370 В, вместо 380 В)
3. Необходимость увеличения габаритной мощности генераторов, сечения кабелей, мощности силовых трансформаторов.

Из всего вышеприведенного, понятно, что компенсация реактивной мощности необходима. Конденсаторы нужны чтобы скомпенсировать реактивную мощность двигателей.

Как компенсировать реактивную мощность?

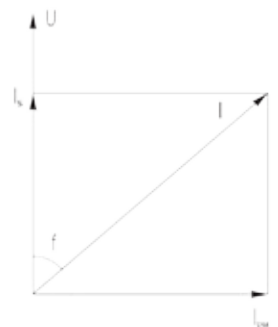
Компенсация реактивной мощности производится путем подключения конденсаторных установок и конденсаторов. Подключая конденсаторы мы уменьшаем потребление реактивной мощности через силовые трансформаторы у энергоснабжающей организации и улучшаем $\cos(\varphi)$. Необходимо поддерживать $\cos(\varphi) = 0,9..0,95$, для того, чтобы избежать платежей за потребление реактивной мощности, снизить нагрузку на кабели и трансформаторы, и, в тоже время, застраховаться от перекомпенсации (работы с избыточным количеством конденсаторов), возможной при $\cos(\varphi)=0,97$ и выше.

Более того, при повышении $\cos(\varphi)$ от 0,9 до 0,99 полный ток уменьшается всего на 3%, а мощность конденсаторной установки необходимая для этого увеличивается в 2 раза, ее стоимость в 1,5 раза, что экономически нецелесообразно.

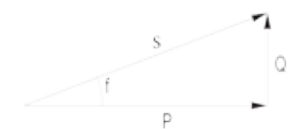
Компенсация реактивной мощности может быть ОБЩЕЙ и ИНДИВИДУАЛЬНОЙ.

Индивидуальная компенсация - компенсация реактивной мощности каждой нагрузки отдельно (например, на клеммах двигателя).

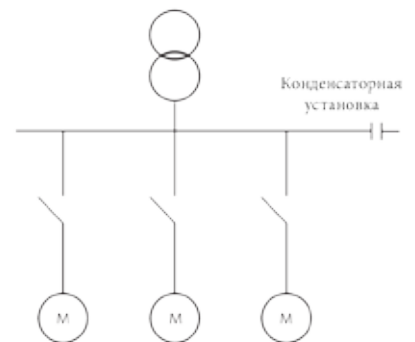
Индивидуальная компенсация - это наиболее простое техническое решение. Конденсатор подбирается по мощности и $\cos(\varphi)$ двигателя, поэтому реактивная мощность двигателя компенсируется постоянно в течение всего дня, $\cos(\varphi)$ достаточно высок. Дополнительное преимущество индивидуальной компенсации реактивной мощности это то, что затраты на нее самые низкие.



Токвая характеристика

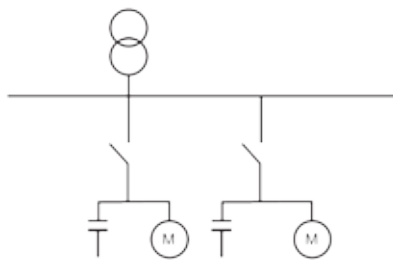


Характеристика мощностей



Индивидуальная компенсация

Теория компенсации реактивной мощности



Общая (централизованная) компенсация

Общая (централизованная) компенсация - компенсация реактивной мощности с помощью одной конденсаторной установки устанавливаемой на КТП или в составе главного распределительного щита (ГРЩ).

Дневной тренд (характер изменения нагрузки), является основным фактором, влияющим на выбор наиболее подходящей схемы компенсации реактивной мощности. На многих предприятиях не все оборудование работает одновременно, многие станки задействованы всего несколько часов в день.

Поэтому индивидуальная компенсация становится очень дорогим решением, при большом количестве оборудования и соответственно большом числе устанавливаемых конденсаторов. Большинство этих конденсаторов не будут задействованы долгий период времени.

Индивидуальная компенсация наиболее эффективна, когда большая часть реактивной мощности генерируется небольшим числом нагрузок, потребляющих наибольшую мощность достаточно длительный период времени.

Централизованная компенсация применяется там, где нагрузка изменяется (перемещается) между разными потребителями в течение дня.

При этом потребление реактивной мощности в течение дня меняется, поэтому использование автоматических конденсаторных установок предпочтительнее, чем нерегулируемых.

Расчет экономического эффекта конденсаторных установок

Экономический эффект от внедрения автоматической конденсаторной установки складывается из следующих составляющих

1. Экономия на оплате реактивной энергии;

Оплата за реактивную энергию составляет от 12% до 50% от активной энергии в различных регионах Украины.

2. Для действующих объектов уменьшение потерь энергии в кабелях за счет уменьшения фазных токов;

3. Для проектируемых объектов экономия на стоимости кабелей за счет уменьшения их сечения.

В среднем в действующих объектах в подводящих кабелях теряется 10...15% расходуемой активной энергии. Для расчетов примем коэффициент потерь $K_{\text{пт}}=12\%$ Потери пропорциональны квадрату тока, протекающего по кабелю.

Рассмотрим эту составляющую на примере действующего объекта

До внедрения автоматической конденсаторной установки $\cos(\varphi) = 0,80$. После внедрения автоматической конденсаторной установки $\cos(\varphi) = 0,97$. Относительную активную составляющую тока (совпадающую по фазе с напряжением) примем равной единице.

Относительный полный ток составляет до внедрения $I_1 = 1/0,8 = 1,25$

Относительный полный ток составляет после внедрения $I_2 = 1/0,97 = 1,03$

Снижение потребления активной энергии составит:

$$P_E = P_p \cdot [(I_1^2 - I_2^2) / I_1^2] \cdot K_{\text{пт}} = P_p \cdot 0,038$$

Т.е. в этом примере затраты на активную энергию уменьшились на 3,8%

По аналогии при повышении $\cos(\varphi)$ с 0,9 до 0,97 затраты на активную энергию уменьшатся на 1,7%. В общем случае для действующего объекта годовое снижение потребления активной энергии за счёт увеличения $\cos(\varphi)$ составит:

$$P_E = P_p \cdot \{ [1 / \cos^2(\varphi_1) - 1 / \cos^2(\varphi_2)] / [1 / \cos^2(\varphi_1)] \} \cdot K_{\text{пт}}$$

$\cos(\varphi_1)$ – косинус φ до компенсации

$\cos(\varphi_2)$ – косинус φ после компенсации

$K_{\text{пт}}$ – коэффициент потерь $K_{\text{пт}} = 0,12$

W_1 – Годовое потребление энергии до компенсации

Годовая экономия E_G в оплате энергии составит

$$E_G = P_E \cdot t$$

где T – тариф на активную энергию

Годовой экономический эффект

$$G_E = E_G \cdot E_c / T_c$$

где E_c – стоимость конденсаторной установки;

T_c – срок службы конденсаторной установки составляет 15 лет;

E_G – экономия на оплате электрической энергии.

Срок окупаемости затрат:

$$E_z = E_c / E_G$$

Контакты для конденсаторных батарей CEM C

Применение - Предназначены для демпфирования пусковых токов в системах компенсации коэффициента реактивной мощности.

Контакты для конденсаторных батарей

			CEM25C	CEM32C	CEM50C	CEM65C
Напряжение (V)/Мощность конденсатора (kVar) AC-6b (t° = 55°C)	220 - 230V	(kVar)	10	15	25	30
	380 - 415V	(kVar)	15	25	40	50
	440V	(kVar)	20	30	45	60
	480V	(kVar)	22	32	50	65
	660 - 690V	(kVar)	25	40	65	87
AC-6b Номинальный ток (Ie)	(55°C)	(A)	22	38	60	76
AC-6b Номинальный ток (Ie)	(70°C)	(A)	15	27	46	55
Предохранитель (gL/gG)		(A)	50	63	100	125
Сечение подключаемых проводников		мм²	2 x 10	2 x 16	2 x 35	2 x 35
Затягивающее усилие		N.m.	1,6 ... 3	2,5 ... 4	4 ... 6	4 ... 6
Мак. количество коммутаций в час			120			
Мак. количество дополнительных контактов			1	3	5	
Электрический ресурс	...x 10³		100	100	100	100
Габаритные размеры (ширина/высота/глубина)		мм	45/120/127	55/127/140	66/158/185	66/158/185
Код			04645115	04646115	04648115	04649115

Основной принцип работы:

Контакты для коммутации трехфазных конденсаторов

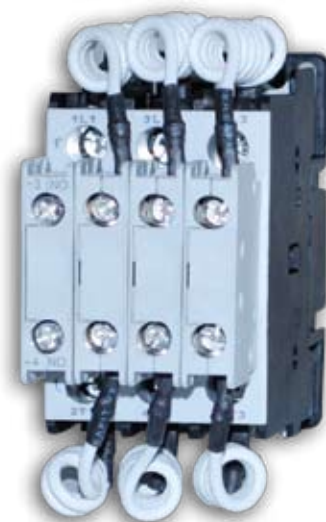
В процессе эксплуатации конденсаторных установок компенсации реактивной мощности, при регулировании ступеней, конденсаторные батареи подвергаются частым переключениям. По сравнению с другим видом электрооборудования, при коммутации конденсаторных батарей возникает кроме обычного номинального рабочего тока, протекание большого пускового тока, значительно (до 250 раз) превышающего номинальное значение.

Поэтому для коммутации конденсаторов необходимо использовать специально сконструированные быстродействующие пускатели. В отличие от обычных контакторов они снабжены дополнительной контактной группой, установленной параллельно основной. К вспомогательным контактам с двух сторон последовательно подключены съемные токоограничивающие элементы, состоящие из нескольких витков проводника с высоким удельным сопротивлением. При коммутациях обе группы контактов приводятся в действие одновременно, но из-за меньшего расстояния, лимитируемого упором, вспомогательные контакты замыкаются на несколько миллисекунд раньше основных, пропускают пусковой ток через токоограничивающие элементы тем самым, ограничивая ток конденсаторной батареи и размыкается только после уверенного замыкания основных силовых контактов.

В противном случае броски тока могут привести к повреждению (свариванию) силовой контактной группы и негативно повлиять на срок службы конденсатора. Ограничение пускового тока позволяет также избежать просадок напряжения во время переходных процессов. Такая особенность контактной группы гарантирует стабильную и эффективную работу на протяжении всего срока службы контактора. Пускатели конденсаторов предназначены для прямой коммутации батарей конденсаторов с малой индуктивностью и с малыми внутренними потерями (ЕС 60831, VDE 0560) без дополнительных дросселей. Использование пускателей позволяет снизить пусковой ток батареи конденсаторов до уровня < 70-IR без использования дополнительных демпфирующих резисторов и внешних коммутирующих устройств. Контактная группа пускателей устойчива к свариванию при пиковых пусковых токах до 250-IR. Все контакторы для конденсаторов снабжены нормально разомкнутыми вспомогательными контактами.

Комплектация „конденсаторными“ контакторами (пускателями) сохраняет стабильность характеристик низкоиндуктивных косинусных конденсаторов с малыми собственными потерями (стандарты IEC 70 и 831 1-2) в течение всего их срока службы (100 000...130 000 ч), соизмеримого с ресурсом срабатывания контактора (таблица технических характеристик), и предотвращает возникновение провалов напряжения и импульсных перенапряжений в компенсируемой сети при переключении ступеней КБ.

* Конденсаторы с катушкой питания
AC (24, 48, 110 или 400V 50/60Hz) - под заказ



Регуляторы реактивной мощности PFC

Автоматические контроллеры коррективки коэффициента мощности серии PFC 6 и PFC 12



Применение - Для компенсации мощности при разных нагрузках регуляторы PFC отслеживают активную и реактивную составляющую мощности путем измерения мгновенных значений напряжения и тока в электрической сети. На основе этих измерений вычисляется фазовый сдвиг между током и напряжением, и это значение сравнивается с предварительно заданной величиной $\cos \varphi$. В зависимости от фактического отклонения коэффициента мощности контроллер PFC подает команду на управление ступенями конденсаторных батарей с минимальным временем реакции от 4 секунд (программируется).

Технические характеристики:

Напряжение питания и измерения, Клеммы подключения (C-D). Подключение к фазам L2-L3	400 VAC +15% -10%; 45-65 Hz Поставка под заказ: 110, 230, 480 VAC+15% -10%; 45-65 Hz
Точность измерения напряжения	1%
Измерение тока в цепи	Токовый трансформатор (CT), $I_n / 5$
Подключение трансформатора тока (CT)	Фаза 1, IL1
Диапазон измерения тока (IL1)	От 0,1 до 5 A (max. перегрузка +20%)
Точность измерения тока	1%
Точность измерения $\cos \varphi$	$2\% \pm 1$ деление
Диапазон частоты V (C-D)	45 - 65Hz
Потребление энергии: PFC 6	3VA/1,8W(реле OFF); 5,5VA/4,5W(6 реле ON)
Потребление энергии: PFC 12	4VA/2,2W(реле OFF); 8,5VA/7,6W(12 реле ON)
Дисплей	1 ряд x 3 цифры x 7 сегментов + 20 символов
Релейный выход	Max. 250V, 4A, AC1
Соответствие стандартам	EN 61010, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 50081-2, EN 50082-1, EN 50082-2, UL 94
Безопасность/изоляция	В соответствии с EN 61010-1, Категория III, Окружающая среда 2
Степень защиты	IP51 (фронтальная, при установке на панель) IP30 (без установки) в соответствии с EN-60529

Регуляторы измеряют ток и напряжение в электросетях. Ток измеряется на одной фазе с помощью трансформатора тока, установленного на фазе (в начале инсталляции /на входе). Напряжение измеряется посредством прямого подсоединения к двум другим фазам. Необходимо соблюдать последовательность (L1, L2, L3) фаз в зависимости от типа регулятора для его корректной работы.

Тип	Номинальное напряжение U_n	Код	Пределы регулирования	I_n (A)	Количество ступеней	Размер (мм)	Мощность
PFC 6	400 V (+15%; -10%)	4645115	0,8инд.-0,95емк.	5 A	до 6	144x144	8 VA
PFC 12	400 V (+15%; -10%)	4646115	0,8инд.-0,95емк.	5 A	до 12	144x144	10 VA

Описание:

- Контроллеры для коррективки коэффициента мощности в низковольтных системах PFC, измеряют истинное значение коэффициента мощности и производят подключение или отключение ступеней, на которые разделена конденсаторная установка, для достижения необходимого значения $\cos \varphi$.
- Принцип работы регуляторов PFC основан на системе FCP (Fast Computerized Program), который позволяет контроллеру производить мгновенное измерение значений напряжения и тока тем самым предоставлять точную информацию о состоянии системы и осуществлять оптимальное управление компенсацией.

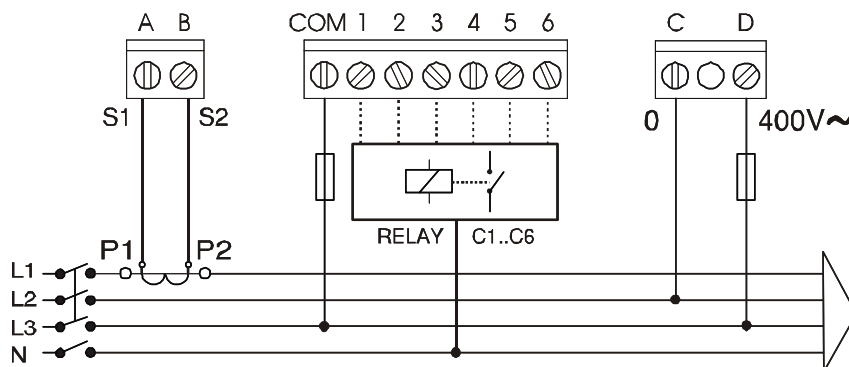
Система PFC также позволяет:

- - Минимизировать количество операций, увеличивая ресурс конденсаторных батарей
- - Увеличить скорость реакции, уменьшая энергетические затраты.

Схемы подключения PFC 6 и PFC 12

PFC 6

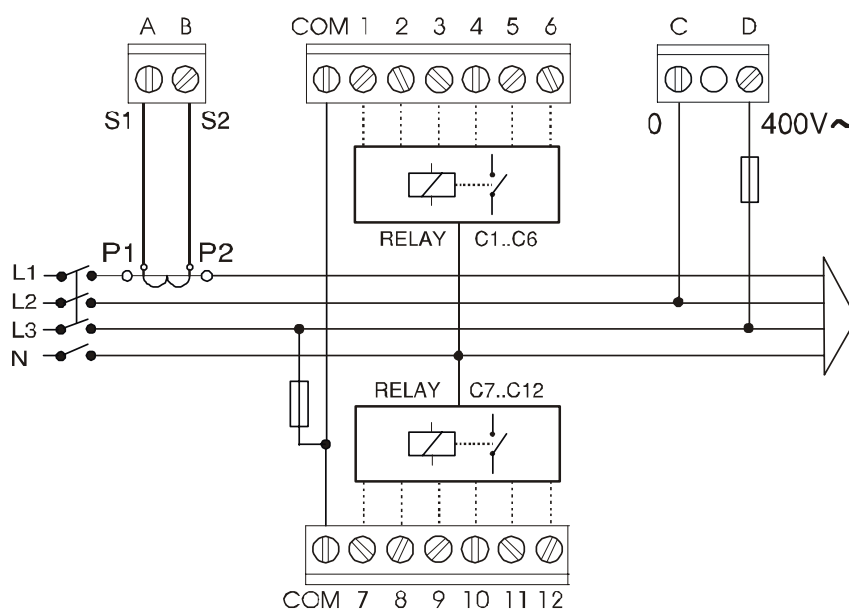
	Описание клемм
A	Токовый вход S1
B	Токовый вход S2
COM	Общие реле
1	Релейный выход 1
2	Релейный выход 2
3	Релейный выход 3
4	Релейный выход 4
5	Релейный выход 5
6	Релейный выход 6
C	Клеммы питания 0 V
D	Клеммы питания *
	110 V AC или 230 V AC
	400 V AC или 480 V AC



* Согласно типа

PFC 12

	Описание клемм
A	Токовый вход S1
B	Токовый вход S2
COM	Общие реле
1	Релейный выход 1
2	Релейный выход 2
3	Релейный выход 3
4	Релейный выход 4
5	Релейный выход 5
6	Релейный выход 6
7	Релейный выход 7
8	Релейный выход 8
9	Релейный выход 9
10	Релейный выход 10
11	Релейный выход 11
12	Релейный выход 12
C	Клеммы питания 0 V
D	Клеммы питания *
	110 V AC или 230 V AC
	400 V AC или 480 V AC



* Согласно типа

Ток и С/К первой ступени

Для работы корректной работы компьютерному регулятору необходимо знать соотношение между током, измеренным трансформатором (K) и током первой ступени конденсатора (Ic). Это соотношение называется C/K параметром $C/K = I_c/K$

Это значение можно получить двумя способами:

- Непосредственно ввести ток первой ступени и ток трансформатора
- Посчитать коэффициент

Управляющие программы

Конденсаторные банки разделены на ступени по емкости. Соединяющая программа определяет существующие пропорции между первой ступенью и остальными ступенями конденсаторных банок. Управляющие программы необходимы для достижения наилучших характеристик при компенсации реактивной мощности.

Количество ступеней или выходов регулятора

Современные контроллеры коэффициента мощности PFC 6 (6 ступеней) и PFC 12(12 ступеней), обладают интеллектуальным режимом работы и удобным интерфейсом. Все управление осуществляется через многофункциональный дисплей с помощью специально разработанного меню.

Подключение и безопасное время повторного подключения

Регулятор оперирует двумя основными параметрами для правильной работы конденсатора: время подключения и безопасное время повторного подключения.

1. Время подключения:

Во избежание излишнего числа операций регулятор тратит несколько секунд перед тем, как дать команду на подключение ступеней конденсаторов. Таким образом, регулятор PFC избегает мгновенного подключения.

2. Безопасное время повторного подключения:

После отключения ступени конденсатору необходимо время для разрядки, контроллер производит задержку чтобы предотвратить быстрое повторное подключение. Основным критерием является взаимоотношение между временем подключения (T_r) и временем повторного подключения (T_s)

Контроллер производит измерения $\cos\varphi$ и регулирование коэффициента реактивной мощности даже если течет ток:

- От системы к нагрузке, т.е. обычное подключение
- От нагрузки к системе, т.е. генерирование энергии

Схемы подключения конденсаторных установок

