

Таблица физических величин и единиц измерения

Физич. величина	Обозначение	Единицы измерения (СИ)	Другие ед.изм.
Активная мощность	P	Ватт (Вт)	1 кВт=1000 Вт
Реактивная мощность	Q	Вольт-ампер-реактивный (вар)	1 квар = 1000 вар
Полная мощность	S	Вольт-ампер (ВА)	1 кВА = 1000 ВА
Коеф. мощности	FP или $\cos \varphi$	-	-
Емкость	C	Фарада(Ф)	1 мкФ = 10^{-6} Ф
Индуктивность	L	Генри (Гн)	1 мГн = 10^{-3} Гн
Ток	I	Ампер (А)	1 мА = 10^{-3} А
Напряжение	U	Вольт (В)	-
Электр. сопротивление	R	Ом (Ом)	1 кОм = 1000 Ом
Реактивное емкостное сопротивление	X_C	Ом (Ом)	1 кОм = 1000 Ом
Реакт. индуктивное сопротивление	X_L	Ом (Ом)	1 кОм = 1000 Ом

Таблица кратных и дольных единиц

10^n	Приставка	Приставка	Эквивалентное десятичное значение
10^{12}	Тера	Т	1.000.000.000.000
10^9	Гига	Г	1.000.000.000
10^6	Мега	М	1.000.000
10^3	кило	к	1.000
10^2	гекто	г	100
10^1	дека	да	10
10^{-1}	деци	дц	0,1
10^{-2}	санتي	см	0,01
10^{-3}	милли	м	0,001
10^{-6}	микро	мк	0,000001
10^{-9}	нано	н	0,000000001
10^{-12}	пико	п	0,000000000001

Электрические конденсаторы

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ КОНДЕНСАТОРА (Q)

$$Q = U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

где:

U - напряжение сети, в вольтах (V_{ca}),

f - частота сети, в герцах (Гц),

C - емкость конденсатора, в фарадах (Ф)

Q - реактивная мощность конденсатора, в вольт-амперах-реактивных (вар)

ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА (C)

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

где:

U - напряжение сети (V_{ca}),

f - частота сети (Гц),

C - емкость конденсатора (Ф),

Q - реактивная мощность конденсатора (вар).

$$\text{Емкость, в микрофарадах (мкФ)} = \frac{\text{Емкость, в фарадах (Ф)}}{1000\ 000}$$

Пример: трехфазный конденсатор 30 квар – 440 В – 50 Гц

$$C = \frac{30000\text{вар}}{(440\text{ В})^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50\text{Гц}} = 0,00049325\ \text{Ф} = 493\ 25\ \text{мкФ}$$

РЕАКТИВНОЕ ЕМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (X_c)

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

где:

X_c - реактивное емкостное сопротивление (Ом),

f - частота сети (Гц),

C - емкость конденсатора (Ф).

Электрические конденсаторы

ФАЗНЫЙ ТОК ТРЕХФАЗНОГО КОНДЕНСАТОРА (I_c)

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

где:

U - напряжение сети, в вольтах (B_{ca}),

Q - реактивная мощность конденсатора (вар),

I_c - ток (А).

$$I_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U}{\sqrt{3}}$$

где:

U - напряжение сети, в вольтах (B_{ca}),

f - частота сети (Гц),

C - емкость конденсатора (Ф),

I_c - ток (А).

В однофазных конденсаторах $\sqrt{3}$ заменяется на 1

$\sqrt{3} = 1,7321$

Пример: трехфазный конденсатор 30 квар – 440 В – 50 Гц

$$I_c = \frac{30000 \text{ вар}}{\sqrt{3} \cdot 440 \text{ В}} = 39,36 \text{ А}$$

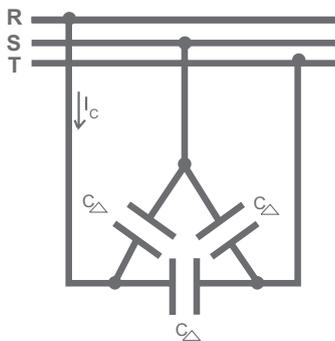
ВНУТРЕННЕЕ СОЕДИНЕНИЕ В ТРЕУГОЛЬНИК (Δ)

$$C_{\Delta} = \frac{C}{3}$$

где:

C - емкость конденсатора (Ф),

C_{Δ} - емкость каждой ветви (Ф).



Как рассчитать емкость, если известна емкость между двумя фазами (C_{R-S} или C_{R-T} или C_{S-S}):

$$C_{\Delta} = \frac{2}{3} \cdot C_{R-S}$$

$$C = 2 \cdot C_{R-S}$$

Электрические конденсаторы

Пример: емкость ветви трехфазного конденсатора
30 квар – 440 В – 50 Гц при соединении в треугольник

$$C_{\Delta} = \frac{493,25 \text{ мкФ}}{3} = 164,42 \text{ мкФ}$$

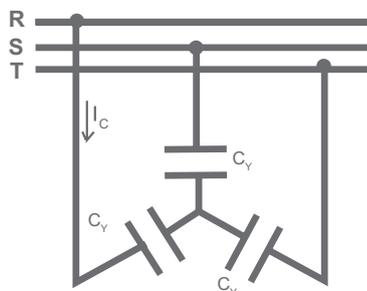
ВНУТРЕННЕЕ СОЕДИНЕНИЕ В ЗВЕЗДУ

$$C_Y = C$$

где:

C - емкость конденсатора (Ф),

C_Y - емкость каждой ветви (Ф).

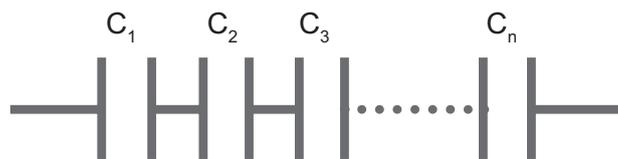


Как рассчитать емкость, если известна
емкость между двумя фазами
(C_{R-S} или C_{R-T} или C_{S-S}):

$$C_Y = 2 \cdot C_{R-S}$$

$$C = 2 \cdot C_{R-S}$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



Суммарная эквивалентная емкость (C_T) нескольких последовательно соединенных конденсаторов со значениями емкостей ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$) равна

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

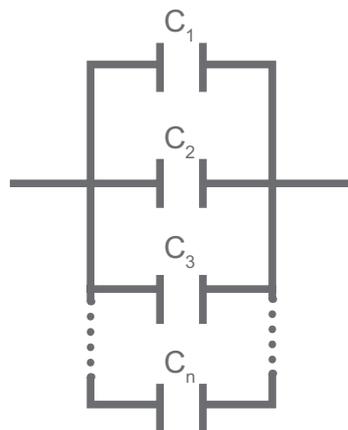
Суммарная реактивная мощность группы конденсаторов (Q_T) зависит от величины индивидуальной реактивной мощности каждого отдельного конденсатора ($Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$) в соответствии с формулой:

$$\frac{1}{Q_T} = \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3} + \dots + \frac{1}{Q_n}$$

Электрические конденсаторы

Ток (I_C) будет одинаков для всех конденсаторов. Его значение зависит от величины емкости C_T или реактивной мощности Q_T , которые определяются по приведенному выражению.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



Эквивалентная емкость (C_T) группы параллельно соединенных конденсаторов со значениями емкостей ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$) будет равна:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Суммарная реактивная мощность группы конденсаторов (Q_T), зависящая от величины индивидуальной реактивной мощности каждого конденсатора ($Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$), равна:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

Ток (I_{Cn}), протекающий через каждый конденсатор, различен для каждой ветви группы и зависит от величин C_n и Q_n . Общий ток (I_T), протекающий через группу параллельно соединенных конденсаторов, определяется по выражению:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Пример: один конденсатор 15 квар, два по 30 квар и один 60 квар соединены параллельно и подключены на напряжение 440 В с частотой 50 Гц.

$$Q_T = 15 \text{ квар} + 30 \text{ квар} + 30 \text{ квар} + 60 \text{ квар} = 135 \text{ квар}$$

$$C_T = \frac{135000 \text{ вар}}{(440\text{В})^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Гц}} = 0,00221961 \text{ Ф} = 2219,61 \text{ мкФ}$$

$$I_T = \frac{135000 \text{ вар}}{\sqrt{3} \cdot 440 \text{ В}} = 177,14 \text{ А}$$

Конденсаторы и реактивные сопротивления фильтров при наличии гармоник

КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ (ОТСТРОЙКИ) (P%)

$$p(\%) = 100 \cdot \left(\frac{f_{\text{ред}}}{f_{\text{резон.}}} \right)^2$$

где:

$f_{\text{ред}}$ - частота сети (Гц),

$f_{\text{резон.}}$ - частота отстройки (резонансная), в герцах (Гц),

$p(\%)$ - коэффициент перенапряжения (отстройки).

Наиболее распространенные значения резонансных частот пассивных LC-фильтров (см. UNE-EN-61642):

Частота сети	$p=7\%$ ($3\% < \text{THD-U} < 7\%$)	$p=14\%$ ($\text{THD-U} > 7\%$)
50 Гц	189 Гц	134 Гц
60 Гц	227 Гц	160 Гц

НАПРЯЖЕНИЕ НА ВЫВОДАХ КОНДЕНСАТОРА (U_c)

$$U_c = U \cdot \left(1 + \frac{P}{100} \right)$$

где:

U - напряжение сети (V_{ca}),

p - коэффициент перенапряжения (%),

U_c - напряжение на выводах конденсатора (В).

ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА ПРИ РАБОТЕ СОВМЕСТНО С ДРОССЕЛЕМ (C_{RCT})

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

где:

Q - мощность конденсатора (вар),

U - напряжение сети (В),

I_c - ток конденсатора (А).

$$C_{\text{RCT}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_c}$$

где:

f - частота сети (Гц),

U_c - напряжение на выводах конденсатора (В).

Конденсаторы и реактивные сопротивления фильтров при наличии гармоник

ИНДУКТИВНОЕ РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ФИЛЬТРА (X_L)

$$X_L = X_C \cdot \frac{p}{100}$$

где:

X_L - индуктивное реактивное сопротивление (Ом),

X_C - емкостное реактивное сопротивление (Ом),

p - коэффициент перенапряжения (отстройки), в процентах.

ИНДУКТИВНОСТЬ ДРОССЕЛЯ (L)

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Где:

L - индуктивность (Гн),

X_L - индуктивное реактивное сопротивление (Ом),

f - частота сети (Гц).

Пример: конденсатор и дроссель для получения 30 квар – 440 В – 50 Гц, отстроенные на 189 Гц

$$p(\%) = 100 \cdot \left(\frac{50 \text{ Гц}}{189 \text{ Гц}} \right)^2 = 7\%$$

$$U_c = 440 \text{ В} \cdot \left(1 + \frac{7}{100} \right) = 470,8 \text{ В}$$

$$I_c = \frac{30000 \text{ вар}}{\sqrt{3} \cdot 440 \text{ В}} = 39,36 \text{ А}$$

$$C_{\text{РСТ}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 39,36 \text{ А}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 470,8 \text{ В}} = 458,72 \text{ мкФ}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 458,72 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 6,94 \text{ Ом}$$

$$X_L = 6,94 \text{ Ом} \cdot \left(\frac{7}{100} \right) = 0,49 \text{ Ом}$$

$$L = \frac{0,49 \text{ Ом}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Гц}} = 0,00155 \text{ Гн} = 1,55 \text{ мГн}$$

Реактивная мощность батареи конденсаторов

КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ (FP ИЛИ COS (φ_0))

$$FP = \text{COS}(\varphi_0) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Здесь:

P - суммарная активная мощность, потребляемая электроустановкой (кВт·ч),

Q - суммарная реактивная мощность, потребляемая электроустановкой (квар·ч),

FP или $\text{cos}(\varphi_0)$ - исходный коэффициент мощности установки.

$$\varphi_0 = \arccos(FP)$$

МОЩНОСТЬ БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРОВ (Q_B)

$$Q_B = F \cdot (\tan(\varphi_0) - \tan(\varphi_f))$$

Здесь:

F - заявленная активная мощность установки (кВт),

$\tan(\varphi_0)$ - тангенс начального угла,

$\tan(\varphi_f)$ - тангенс конечного угла,

Q_B - реактивная мощность батареи (квар).

ВЫБОР ЗНАЧЕНИЯ ТАНГЕНСА ТРЕБУЕМОГО УГЛА (φ_f):

$$FP_{\text{final}} = \text{COS}(\varphi_f) \rightarrow \tan(\varphi_f)$$

Пример: Оборудование с заявленной мощностью 40 кВт, потребляет активную энергию 10150 кВт·час и реактивную энергию 10400 квар·час. Желаемое значение коэффициента мощности - 1.

$$FP = \text{COS}(\varphi_0) = \frac{10150 \text{ кВт·час}}{\sqrt{(10150 \text{ кВт·час})^2 + (10400 \text{ квар·час})^2}} = 0,698$$

$$\tan(\varphi_0) = 1,026$$

$$\tan(\varphi_f) = 0,000$$

$$Q_B = 40 \text{ кВт} \cdot (1,026 - 0,000) = 41,04 \text{ кВт}$$

ООО "Техноэлектро"

Украина, 61166, г. Харьков

пр. Науки 40, офис 530а

Тел.: +38 (057) 780-26-94

тел. CDMA: (094) 976-56-94

моб: (099) 184-62-14, (067)376-84-96

Email: info@tekhar.com

URL: www.tekhar.com