

**Компенсация реактивной
мощности в электрических
сетях высокого напряжения**

**Reactive Power Compensation
of High Voltage Power System**





- **БОЛЕЕ 60 ЛЕТ НА РЫНКЕ**

Компания "International Capacitors S.A." представляет собой единую компанию, работающую на испанском и международном рынках, и на протяжении многих лет специализирующуюся, в основном, на производстве конденсаторов для электрических установок. Коммерческая марка "LIFASA", существующая на рынке в течение 60 лет, а также непрерывное техническое и технологическое развитие позволили компании идти в ногу со временем и соответствовать изменяющимся условиям и современным требованиям рынка.

Конденсаторы LIFASA существуют на рынке с 1949 года. Более 50 % из них поставляются в 70 стран на пяти континентах. Конденсаторы производятся в соответствии с европейскими и другими международными стандартами. Эти конденсаторы имеют большое количество сертификатов соответствия.

- **MORE THAN 60 YEARS OF HISTORY**

International Capacitors S.A. is a consolidated company in both Spanish and international markets thanks to many years of experience and dedication to what it has been its product par excellence along its history: the capacitor for the electrical installation. With its commercial brand name LIFASA, present in the market for 60 years and a constant technical and technological evolution, it has succeeded in getting adapted continuously to the progress and market requirements nowadays.

LIFASA capacitors are present in the market since 1949. More than 50 % are exported to 70 countries in five continents. Capacitors are manufactured according to European and other International Standards. They have obtained large number of certificates and approvals.

• **ВЫСОЧАЙШИЕ СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА**

С момента образования компания "International Capacitors S.A." является новатором в области улучшения качества изготавливаемой продукции. С 1987 г. в компании действует система контроля качества в соответствии со стандартом ИСО 9000, которая периодически проверяется международными органами.

К настоящему времени она была пятикратно сертифицирована на соответствие стандартам ИСО 9001:2008, ИСО 14001:2004, OSHAS 18001:2007, МЭК QC 080000- RoHS и REACH, что гарантирует высокое качество изготовления продукции, при этом ее производство экологично и отвечает требованиям безопасности труда. Продукция также соответствует требованиям стандарта ISO 50001:2011 в части рационального использования энергии.



Intertek



Intertek



Intertek



Intertek



• **КОМПЛЕКСНЫЕ УСЛУГИ**

Компания оказывает услуги высокого качества, максимально удовлетворяющие потребностям заказчика.

- консультирование по экономическим и техническим вопросам,
- оказание поддержки при монтаже и вводе в эксплуатацию,
- оказание поддержки в течение всего срока службы изделий,
- обучение на территории заказчика и своей собственной,
- предоставление международной гарантии.

Каждый сотрудник компании обладает подготовкой и мотивацией к активному участию в достижении поставленной цели.

• **HIGHEST QUALITY STANDARDS**

International Capacitors S.A. has been from its beginnings a pioneering company in the promotion of the quality of its products. Since 1987, it maintains an ISO9000 Quality System periodically audited by international bodies.

REACTIVE POWER SOLUTIONS

At present, it has quintuple certification ISO9001:2008, ISO 14001:2004, OSHAS 18001:2007, IEC QC 080000-RoHS and REACH, that guarantees the highest quality standards in its products, while they are manufactured in a way both environmentally friendly and safe and healthy for its workers. It also has energy efficiency certification ISO 50001:2011

• **COMPREHENSIVE SERVICES**

The company is committed to give the best service with maximum flexibility to meet customer requirements.

- Economical and technical advices.
- Support in installation and commissioning.
- Permanent support during the whole life of our products.
- Training on site and in factory.
- International warranty.

Every person in the company is trained and motivated to participate actively in achieving this objective.

1. КОМПЕНСАЦИЯ МОЩНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМ	1. COMPENSATION OF HV SYSTEMS	5-6
<ul style="list-style-type: none"> • Область применения компенсирующих высоковольтных конденсаторов • Компенсация мощности на стороне высокого или низкого напряжения • Преимущества конденсаторной установки 	<ul style="list-style-type: none"> • Where to compensate with HV capacitors? • Compensation at HV side or LV side • Benefits of capacitor installation 	
2. КОМПЕНСАЦИЯ МОЩНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	2. COMPENSATION OF POWER TRANSFORMERS	7-8
3. КОМПЕНСАЦИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И АСИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ	3. COMPENSATION OF MOTORS / ASYNCHRONOUS GENERATORS	8.11
<ul style="list-style-type: none"> • Конденсатор с прямым подсоединением к машине • Конденсатор с параллельным подсоединением к машине 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitor for direct connection to machine • Capacitor for parallel connection to machine 	
4. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ СИЛОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ	4. HIGH VOLTAGE POWER CAPACITORS	12-19
<ul style="list-style-type: none"> • Общие данные • Описание устройства • Основные технические характеристики • Технические характеристики • Справочные стандарты • Выбор конденсаторов в зависимости от области применения <ul style="list-style-type: none"> - Трехфазный - Однофазный 	<ul style="list-style-type: none"> • General • Construction • Main technical characteristics • Technical data • Reference standards • Selection of capacitors according to application <ul style="list-style-type: none"> - Three phase - Single phase 	
5. НЕРЕГУЛИРУЕМЫЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ БАТАРЕИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ	5. HIGH VOLTAGE CAPACITOR BANKS FIXED & AUTOMATIC	20-24
<ul style="list-style-type: none"> • Батареи трехфазных конденсаторов • Трехфазное соединение двойной звездой • Нерегулируемые конденсаторные батареи с постоянным подсоединением • Автоматические батареи высоковольтных силовых конденсаторов 	<ul style="list-style-type: none"> • Banks with 3 phase units • Three phase double star connection • Fixed capacitors banks (for permanent connection) • HV automatic power capacitor banks 	
6. РЕАКТОРЫ (КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ) ОГРАНИЧЕНИЯ ПУСКОВОГО ТОКА	6. INRUSH CURRENT LIMITING REACTOR (Inductor)	25-27
<ul style="list-style-type: none"> • Подсоединение одной конденсаторной батареи • Параллельное соединение батарей • Реактор ограничения пускового тока конденсаторных батарей 	<ul style="list-style-type: none"> • When only one capacitor bank is connected • Parallel connected banks • Inrush current reactor for capacitor banks 	
7. УПРАВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА БАТАРЕЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ	7. CONTROL AND PROTECTION OF HV CAPACITOR BANKS	28.31
<ul style="list-style-type: none"> • Высоковольтные предохранители с высокой отключающей способностью • Реле и трансформаторы защиты от несбалансированного тока нулевой последовательности • Вакуумные контакторы, автоматические выключатели типа SF6 и разъединители 	<ul style="list-style-type: none"> • High Voltage HRC (High Rupturing Capability) Fuses • Neutral unbalance current transformer and relay • Vacuum contactors, SF6 circuit breakers & isolators 	
8. ВЫБОР КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ: СТАНДАРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	8. SELECTION OF CAPACITOR BANKS: STANDARD RATINGS	31-32
<ul style="list-style-type: none"> • Нерегулируемые батареи высоковольтных конденсаторов <ul style="list-style-type: none"> - напряжением 5/6,6 кВ с трехфазными конденсаторами, - напряжением 22 кВ с однофазными конденсаторами, - напряжением 33 кВ с однофазными конденсаторами. 	<ul style="list-style-type: none"> • High Voltage fixed capacitor banks <ul style="list-style-type: none"> - of 5/6,6kV with 3 phase capacitor units - of 22kV with single phase capacitor units - of 33wkV with single phase capacitor units 	

1. Компенсация мощности высоковольтных систем / Compensation of H. V. systems

1.1. Область применения компенсирующих высоковольтных конденсаторов

Применяя систему компенсации реактивной мощности в электрических сетях, предназначенных для распределения электроэнергии или для электропитания высоковольтных машин, заказчик может обеспечить окупаемость своих инвестиций в гораздо более короткие сроки. Высоковольтные силовые конденсаторы предназначены для применения в электрических сетях с напряжением более 1кВ. (нормальное рабочее напряжение высоковольтной сети)

К таким системам относятся:



1.2 Компенсация мощности на стороне высокого или низкого напряжения

В случае комплексов и установок низкого напряжения, питающихся от сети высокого напряжения, всегда существуют сомнения относительно того, с какой стороны следует предусмотреть компенсацию мощности - со стороны высокого или низкого напряжения? Расчет требуемой реактивной мощности необходимо выполнять на основе известной величины мощности, потребляемой установкой. Если по результатам расчетов величина требуемой реактивной мощности является большой, компенсацию реактивной мощности рекомендуется применять со стороны высокого напряжения.

Компенсация со стороны высокого напряжения рекомендуется также, если вычисленная требуемая реактивная мощность составляет не менее 1 МВАр.

Однако, как правило, в подобных установках устанавливают низковольтные устройства компенсации

1.1 Where to compensate with H.V. Capacitors?

Compensation is recommended for the power systems used for energy distribution or to feed H. V. machines, where consumer could avail return on investment within a shorter period. High voltage power capacitors are meant for power systems where network voltage is more than 1 kV. (normal service voltages of H.V. network)

Some of the examples are:

- цементные заводы,
 - дуговые электропечные установки,
 - химические и нефтехимические заводы,
 - водонасосные станции,
 - центры управления высоковольтными двигателями,
 - водоочистные установки, - опреснительные установки,
 - ветровые электростанции,
 - аэропорты,
 - электростанции и миниэлектростанции,
 - центры/подстанции передачи электроэнергии,
 - целлюлозно-бумажные заводы,
 - энергораспределительные компании,
 - общехозяйственные крупные предприятия.
- *Cement factories*
 - *Electric arc furnace installations.*
 - *Chemical and petro-chemical plants.*
 - *Water pumping stations.*
 - *H.V. motor control centers.*
 - *Water purification plants. Desalination plants.*
 - *Wind farms.*
 - *Airports.*
 - *Power generating stations and mini power generating stations.*
 - *Transmission centres / Sub-stations.*
 - *Paper manufacturing units.*
 - *Electric power distribution companies.*
 - *Large industries in general.*

1.2. Compensation at H.V. side or LV. side

Industries and installations working on low voltage, but power supply is taken from H.V. net work, there always exist a doubt - whether to compensate on high voltage side or low voltage side. In order to calculate the reactive power requirement, it is necessary to know the reactive energy consumption of the plant. If the reactive power requirement found to be high, it is advisable to select compensation at high voltage. In case we find that the reactive power requirement is not less than 1 Mvar, high voltage compensation is recommended.

However, normally such installations are found compensated at low voltage side. On the other side in large industries consuming low voltage as well as high voltage, power compensation at both levels are required. Low voltage compensation could be provided at distribution boards of low voltage power system and high voltage compensation at

реактивной мощности. С другой стороны в крупных промышленных комплексах, потребляющих ток как низкого, так и высокого напряжения, требуется двухсторонняя компенсация реактивной мощности. Низковольтную систему компенсации реактивной мощности можно применять в распределительных щитах сети низкого напряжения, а высоковольтную - на подстанциях или в высоковольтных энергоузлах.

Применение только одного типа компенсации нежелательно. При использовании высоковольтной системы достаточно трудно составить достоверный график нагрузки в квар.

1.3 Преимущества конденсаторной установки

Снижение потребления реактивной мощности индуктивных нагрузок обеспечит следующее:

- снижение энергозатрат за счет увеличения коэффициента мощности.

Технические преимущества:

- увеличение активной мощности на выходе силовых трансформаторов,
- снижение потерь энергии в кабелях и проводниках за счет уменьшения силы тока,
- увеличение срока службы распределительных устройств и подключенных к ним кабелей за счет уменьшения силы тока.
- увеличение напряжения на приемном конце. В этом случае конденсаторы рекомендуется подключать к нагрузочному концу или рядом с точкой потребления энергии.

Компенсация реактивной мощности за счет установки высоковольтных конденсаторов в местах генерации гармоник позволят снизить количество составляющих гармоник в низковольтной системе.

sub-station or high voltage load centres.

It is not advisable to have only one type of compensation. In high voltage system, it is difficult to get a faithful pattern of de kvar load variation. Where as in low voltage side a higher kvar installation demands higher investment In both type it is necessary to obtain an optimum value of power factor with a most economical capacitor installation.

The capacitor installation could be fixed or automatic type.

1.3. Benefits of capacitor installation

The reduction in inductive reactive power consumption will help:

- *To reduce penalty for low power factor on electricity bill.*

Technical advantages:

- *Increased active power output from power transformer.*
- *Reduction in power loss in cables and conductors on account of reduction in current.*
- *Reduced current increases the life of switchgear and cables connected.*
- *Improved voltage at receiving end. In this case it is recommended to connect capacitors at load end or near to the point of power consumption.*
- *By compensating at sites of harmonic generation, by high voltage capacitors reduce the harmonic contents in low voltage system.*



2. Компенсация мощности силовых трансформаторов

2. Compensation of power transformers

Основными потребителями реактивной мощности являются силовые трансформаторы, поэтому установка конденсаторов вместе с силовыми трансформаторами для подключения полной нагрузки имеет ряд технических преимуществ.

Power transformer is one of the major consumer of reactive power and installing capacitors with power transformer for total connected load has various technical advantages.



При определении суммарных потерь реактивной мощности необходимо учитывать, что ток намагничивания является практически постоянным в диапазоне от нулевой до полной нагрузки, благодаря чему в трансформаторе сохраняется практически постоянная мощность холостого хода, независимо от режима нагрузки. Вышеуказанная величина определяет величину компенсации реактивной мощности холостого хода. Кроме того трансформаторы обеспечивают подачу реактивной мощности подключенных нагрузок, которая несомненно изменяется в зависимости от колебаний нагрузки.

For determining the total reactive power losses we have to consider the magnetising current, which is practically constant from no load to full load condition, and on account of it no load power of transformer is almost constant, irrespective of the load conditions. The no load compensation power (kvar) requirement, is depending on this value. Transformer supplies also the reactive power of connected loads, which of course, varies depending upon load variations.

ТАБЛИЦА ХАРАКТЕРИСТИК НЕРЕГУЛИРУЕМОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.
TABLE FOR FIXED COMPENSATION OF H.V. POWER TRANSFORMERS.

Номинальная мощность, МВА <i>Power rating MVA</i>	Первичное напряжение, В <i>Primary voltage kV</i>	Вторичное напряжение, В <i>secondary voltage kV</i>	Мощность короткого замыкания (U _{сск} %) <i>Short circuit power U_{сск} %</i>	Мощность конденсатора для компенсации реактивной мощности холостого хода (кВАр) <i>Capacitor power for no load compensation kvar</i>	Мощность конденсатора для компенсации реактивной мощности с нагрузкой (кВАр) <i>Capacitor power for on load compensation kvar</i>
2500	20 - 30	3 - 16	6,5	45	149
3150	20 - 30	3 - 16	7	57	198
4000	20 - 30	3 - 16	7	72	251
5000	20 - 30	3 - 16	7,5	90	330
6300	10 - 36	3 - 20	8,1	114	440
8000	10 - 36	3 - 20	8,4	144	574
10000	10 - 36	3 - 20	8,9	180	750
12500	10 - 36	3 - 20	9	225	945
16000	45 - 66	3 - 20	9,3	288	1240
20000	45 - 66	3 - 20	9,4	360	1563
25000	45 - 66	3 - 20	9,7	450	2002
31500	45 - 66	3 - 20	11	567	2785
40000	45 - 66		12	720	3792

Указанные значения являются ориентировочными / *These value are indicative*

$$Q_t = S_n \cdot I_o + U_{cc} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot S_n$$

С помощью указанной выше формулы рассчитывается величина реактивной мощности, потребляемой трансформатором, где:

Qt: Полная реактивная мощность

Sn: Номинальная мощность трансформатора

Io: Ток холостого хода

Ucc: Напряжение короткого замыкания

S: Фактическая нагрузка трансформатора.

Данная мощность включает в себя две составляющих:

Первая составляющая (Sn · Io) является постоянной величиной, зависящей от тока намагничивания, и равна 0,5 - 2,5% от номинальной мощности трансформатора. Величина второй составляющей пропорциональна квадрату фактической нагрузки на трансформатор, испытываемой в любой момент времени. Полная потребляемая реактивная мощность распределительного трансформатора составляет около 10% от полной нагрузки.

Производители трансформаторов рекомендуют не использовать для постоянной нерегулируемой компенсации конденсаторы, номинальная реактивная мощность которых составляет более 15% от номинальной реактивной мощности при полной нагрузке трансформатора. Это позволит избежать возможных повреждений трансформатора, работающего в течение длительного времени в режиме холостого хода.

In AC. machine, the reactive power is to the order of 30 - 40% of its rated power. Therefore it is a major consumer of reactive power from system. Normally, power factor correction of this type of installations is done by connecting a capacitor bank of suitable rating directly to the terminals of the motor.

The switchgear, controls and protective system of machine operate both capacitor and machine simultaneously. This is the most common and economical method used for reactive power compensation of rotating machines. However for more feasibility in operation and maintenance of capacitor, it could be connected to the terminals of machine or to the busbars, through a separate switchgear. Depending on the choice we will proceed accordingly.

When a number of motors are connected to a busbar in a motor control centre, the best method is to install an automatic H.V. Power Factor correction Panel, just as in case of low voltage systems. In this case, a capacitor bank, with power rating (kvar) determined to suit the power rating of various motors connected to the system and maximum number of motors at any time remain energised is selected. The bank is then divided in to a number of steps of equal or unequal kvar based on load conditions. The capacitor steps get switched in or out automatically. The difference between this type of installation and others is that the initial investment is high. However, with the precise and efficient compensation, in long run it would be more beneficial.

3. Компенсация мощности электродвигателей и асинхронных генераторов

3. Compensation of motors/asynchronous generators

Другими крупными потребителями, которые, как правило, подключаются к сети высокого напряжения, являются электродвигатели и асинхронные генераторы. Данные агрегаты являются ответственными потребителями, поэтому их установка, эксплуатация и техническое обслуживание требуют особого внимания. Существуют три возможных способа компенсации реактивной мощности этого типа потребителей, подключаемых к сети высокого напряжения:

- с помощью конденсаторов с прямым подсоединением к клеммам машины;
- с помощью конденсаторов с параллельным подсоединением к машине;
- автоматическая групповая компенсация реактивной мощности.

Another type of major load, which are normally connected to high voltage net work is motors/asynchronous generators. This is a very important installation and requires a lot of attention in installing, operating and maintaining. For the reactive power compensation of this type of load connected to the high voltage net work, three methods are possible:

- Capacitor for direct connection across machine terminals*
- Capacitor for parallel connection to machine*
- Group compensation - automatic*

The initial investment on this type of machines, is high on account of various associated control and protective systems to be incorporated with the basic equipment. This calls for an appropriate reactor power compensation scheme, which is functionally and economically most viable.

Capacitor connected to a rotating machine is faced with a particular phenomenon called auto-excitation. When a machine is disconnected from power supply, it continues to rotate for some more time due to inertia. The discharge current from capacitor provides exciting current and this give rise to voltage generation. The over voltage created by this phenomenon is harmful to capacitor as well as machine.

Эксплуатация машин такого типа является изначально дорогостоящей из-за связанных с ними различных систем управления и защиты, подключаемых к основному оборудованию. В связи с этим возникает необходимость в применении надлежащей, а также наиболее функционально и экономически эффективной схемы компенсации реактивной мощности.

Конденсатор, подсоединяемый к вращающейся машине, подвержен влиянию тока самовозбуждения. После отключения машины от сети питания в течение некоторого времени она продолжает по инерции вращаться. Под действием тока разряда конденсатора в цепи возникает ток возбуждения, что приводит к генерированию напряжения. Возникающее в результате перенапряжение опасно как для конденсатора, так и для машины.



В машинах переменного тока реактивная мощность составляет порядка 30 - 40% от номинального значения. Следовательно, они являются крупными потребителями реактивной мощности, поступающей от системы. Как правило, коррекция коэффициента мощности таких установок осуществляется путем прямого подсоединения конденсаторной батареи подходящего номинала к клеммам электродвигателя.

При этом распределительное устройство, органы управления и система защиты машины одновременно обслуживают и конденсатор и саму машину. Это наиболее общепринятый и экономичный способ компенсации реактивной мощности вращающихся машин. Однако, для обеспечения большей рентабельности эксплуатации и технического обслуживания конденсатора, его можно подключить к клеммам машины или к шинам через отдельное распределительное устройство. Дальнейшие действия зависят от сделанного выбора.

Если в центре управления двигателя к одной шине подключены несколько двигателей, наилучшим способом будет установить высоковольтный модуль компенсации коэффициента мощности, равно как и в случае низковольтных систем. При этом устанавливается конденсаторная батарея, номинальная реактивная мощность которой согласуется с номинальной мощностью различных двигателей, подключенных к системе, и с максимальным количеством двигателей, которые всегда остаются включенными в сеть. Батарея делится на несколько ступеней с равной или неравной реактивной мощностью в зависимости от режима нагрузки. Включение и выключение ступеней конденсатора происходит автоматически. Данный тип установки отличается от других значительными первоначальными затратами. Однако в долгосрочной перспективе данный способ может быть более выгодным благодаря обеспечиваемой им точности и эффективности компенсации реактивной мощности.

Конденсатор с прямым подсоединением к клеммам машины

Capacitor for direct connection across machine terminals

На рисунке справа показан способ соединения. Система управления и защиты является общей для конденсаторов и машины. При этом требуется ввести ограничение по току $I_e \leq I_0$ (ток холостого хода электродвигателя), так чтобы снизить до минимума возможность самовозбуждения. Максимально допустимая реактивная мощность конденсатора определяется по следующей формуле:

$$Q_m = 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$Q_m = 2 \times P_n \times (1 - \cos\phi_i)$$

(Как правило, Q_m соответствует 40%-30% от

P_n в зависимости от коэффициента $\cos\phi$, который составляет 0,8- 0,85)

При этом максимальный коэффициент $\cos\phi$ отдельного электродвигателя приблизительно равен 0,95.

Q_m - максимальная мощность конденсатора, кВАр

I_0 - ток холостого хода электродвигателя, А

U_n - номинальное напряжение, В

P_n : номинальная мощность электродвигателя, кВт

$\cos\phi_i$: начальный коэффициент мощности

The figure shows the mode of connection. Control and protection is common for the machine as well as capacitors. In this case we have to limit $I_e \leq I_0$ (no load current of motor), so that there is minimum chance of auto-excitation.

The maximum permitted power (kvar) of capacitor is determined with the formula:

$$Q_m = 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$Q_m = 2 \times P_n \times (1 - \cos\phi_i)$$

(Q_m is normally 40%-30% of

P_n depending on $\cos\phi$ which is 0,8- 0,85)

With this $\cos\phi$ max. we get for individual motor is 0,95 approx.

Q_m = Capacitor power max. in kvar

I_0 = No load current of motor (A)

U_n = Nominal voltage (V)

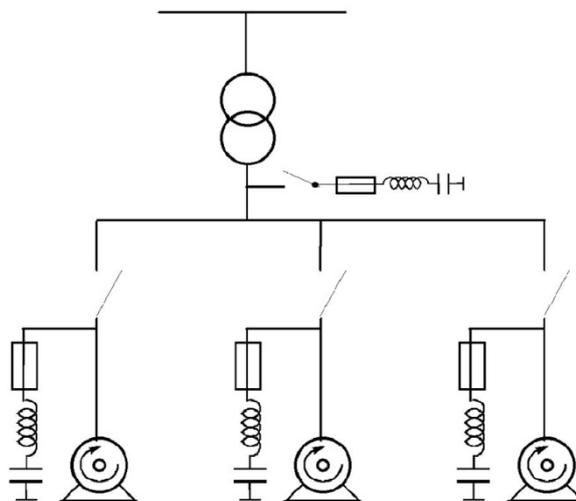
P_n : Rated power of motor (kW)

$\cos\phi_i$: Initial p.f.

In AC. machine, the reactive power is to the order of 30 - 40% of its rated power. Therefore it is a major consumer of reactive power from system. Normally, power factor correction of this type of installations is done by connecting a capacitor bank of suitable rating directly to the terminals of the motor.

The switchgear, controls and protective system of machine operate both capacitor and machine simultaneously. This is the most common and economical method used for reactive power compensation of rotating machines. However for more feasibility in operation and maintenance of capacitor, it could be connected to the terminals of machine or to the busbars, through a separate switchgear. Depending on the choice we will proceed accordingly.

When a number of motors are connected to a busbar in a motor control centre, the best method is to install an automatic H.V. Power Factor correction Panel, just as in case of low voltage systems. In this case, a capacitor bank, with power rating (kvar) determined to suit the power rating of various motors connected to the system and maximum number of motors at any time remain energised is selected. The bank is then divided in to a number of steps of equal or unequal kvar based on load conditions. The capacitor steps get switched in or out automatically. The difference between this type of installation and others is that the initial investment is high. However, with the precise and efficient compensation, in long run it would be more beneficial.



Номинальная мощность электродвигателя, кВт Motor Rating (kW)	Начальный Cos φ /Cos φ initial Начальный Cos φ электродвигателя (0,8) Cos φ initial of motor (0,8)			Начальный Cos φ /Cos φ initial Начальный Cos φ электродвигателя (0,85) Cos φ initial of motor (0,85)		
	Конечный Cos φ /Cos φ final			Конечный Cos φ /Cos φ final		
	0,95	0,96	0,98	0,95	0,96	0,98
150	63	69	82	44	49	63
175	74	80	96	51	57	73
200	84	92	109	58	66	83
250	105	115	137	73	82	104
300	126	138	164	87	98	125
350	147	160	191	102	115	146
400	169	183	219	116	131	167
450	190	206	246	131	148	188
500	211	229	273	146	164	208
600	253	275	328	175	197	250
700	295	321	383	204	230	292
750	316	344	410	218	246	313
1000	421	458	547	291	328	417
1200	506	550	656	349	394	500
1250	527	573	684	364	410	521
1400	590	642	766	407	459	583
1500	632	687	820	437	492	625
1750	737	802	957	509	574	729
2000	843	917	1094	582	656	833
2300	969	1054	1258	669	755	958
2500	1053	1146	1367	728	820	1042
3000	1264	1375	1641	873	984	1250
3500	1475	1604	1914	1019	1148	1458

Выделенные синим цветом цифры обозначают величину реактивной мощности конденсатора, который следует подключить к клеммам электродвигателя, чтобы получить указанный конечный коэффициент мощности с минимальной возможностью возникновения самовозбуждения.

Figures in blue is kvar value of capacitor to be connected to motor terminals to get final p.f indicated with minimum chance of auto-excitation.

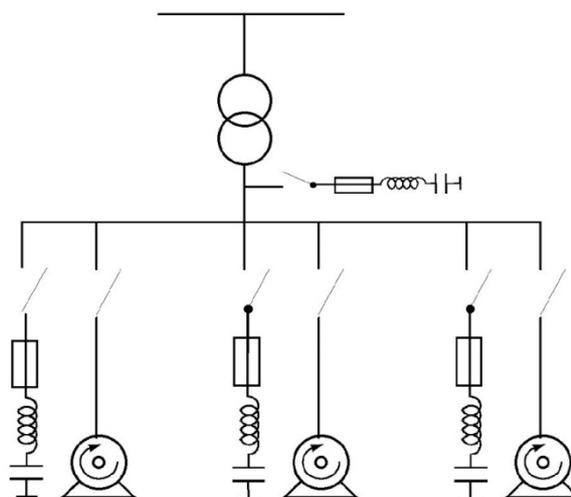
Конденсатор с параллельным подсоединением к машине Capacitor for parallel connection to machine

При таком способе соединения исключается возможность возникновения самовозбуждения, а повышение коэффициента мощности до значения, близкого к единице, наоборот становится возможным. В этом случае электродвигатель и конденсаторная батарея обслуживаются разными устройствами управления и защиты. При такой конфигурации электродвигатель и конденсатор функционально независимы, а конденсаторная батарея включается и выключается по мере необходимости. Повторное подключение конденсаторной батареи происходит по истечении достаточного времени для разряда. При этом выведение электродвигателя из эксплуатации для проведения технического обслуживания конденсаторных батарей не требуется. Номинальная реактивная мощность конденсаторной батареи определяется по следующей формуле:

$$Q_m = P_n \times (tg\phi_{нач} - tg\phi_{кон})$$

In this type of connection, we eliminate the chances of autoexcitation, and a power factor near to unity is possible. The operation and protection devices are separate for motor and capacitor bank. With this arrangement, motor and capacitor function is independent and whenever require capacitor bank is switched in or switched out. Capacitor bank is reconnected after allowing sufficient time to discharge. There is no need to keep the motor out of service at the time of maintenance of capacitor banks. Power rating (kvar value) of capacitor bank is determined using the formula:

$$Q_m = P_n \times (tg\phi_{inicial} - tg\phi_{final})$$



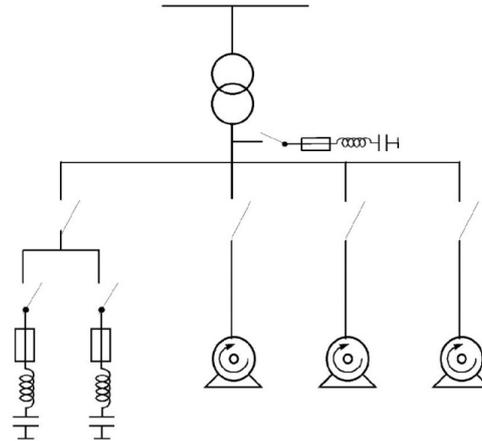
Автоматическая групповая компенсация реактивной мощности

Современный способ компенсации реактивной мощности предусматривает коррекцию коэффициента мощности группы электродвигателей в центре управления двигателями. При таком способе коэффициент мощности увеличивается до оптимального значения при оптимальных размерах конденсаторной батареи и ее номинальной мощности, контролируемой с помощью контроллера коэффициента мощности. Коэффициент мощности поддерживается равным заданному значению путем добавления / снятия конденсаторов и изменения конфигурации подсоединяемой нагрузки.



Group compensation-automatic

Modern method of compensation is automatic power factor correction, for a group of motors, in a motor control centre. In this method, system power factor is improved to an optimum value with a capacitor bank having optimum dimensions and power rating, operated by a power factor controller. The power factor is maintained at a pre-set value by adding/deducting capacitor steps with the variations in the connected load.



В ПРИВЕДЕННОЙ НИЖЕ ТАБЛИЦЕ УКАЗАНЫ ЗНАЧЕНИЯ МОЩНОСТИ КОНДЕНСАТОРА В КВАР В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ С УЧЕТОМ ЗНАЧЕНИЙ ЕГО НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ (Вт) И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (КОЛИЧЕСТВА ОБОРОТОВ)

TABLE BELOW INDICATES kvar VALUES OF CAPACITOR FOR ASYN MOTORS AGAINST ITS KW RATING AND SPEED (R.P.M)

Номинальная мощность Power Nominal		Частота вращения машины, об./мин. Speed of the machine in r.p.m.			
kW	CV метр.п.с.	3000	1500	1000	750
130	177	33	39	46	52
150	204	38	45	53	60
170	231	43	51	60	68
280	381	70	84	98	112
330	449	83	99	116	132
400	544	100	120	140	160
500	680	125	150	175	200
1000	1360	250	300	350	400
1400	1903	350	420	490	560
1700	2311	425	510	595	680
2000	2719	500	600	700	800
2250	3059	563	675	788	900
3000	4079	750	900	1050	1200
4500	6118	1125	1350	1575	1800
5000	6798	1250	1500	1750	2000
6500	8838	1625	1950	2275	2600

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ СИЛОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

High Voltage Power Capacitors



4.Высоковольтные силовые конденсаторы марки "LIFASA"

4.LIFASA high voltage power capacitors



Общие данные

Высоковольтные конденсаторы, предназначенные для коррекции коэффициента мощности, и фильтры гармоник устанавливаются в корпуса из нержавеющей стали, оснащенные фарфоровыми проходными изоляторами.

В основном, применяются два типа конденсаторов:

- однофазные конденсаторы (с одним или двумя изоляторами) с внутренними предохранителями, пригодные для подключения к сети питания напряжением 11 кВ и выше или к высоковольтным мощным машинам.
- трехфазные конденсаторы (с тремя изоляторами) с внутренними предохранителями, пригодные для подключения к шинам сети питания или к оборудованию с номинальной мощностью менее 11 кВ.

Описание устройства

Внутреннее устройство конденсатора состоит из группы однофазных емкостных элементов с соответствующей емкостью. Несколько таких элементов подключены последовательно-параллельно для получения расчетной мощности и номинального напряжения.

Номинальное напряжение зависит от количества групп элементов, подсоединенных последовательно, а номинальная мощность конденсатора в квар - от количества групп элементов, подсоединенных параллельно.

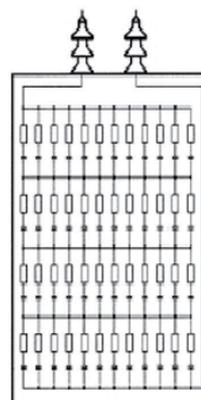
Конденсаторы изготавливаются по пленочной технологии. Емкостные элементы обматываются дуосоориентированной непрозрачной полипропиленовой пленкой с низкими потерями, а также алюминиевой фольгой. Данная технология, применяющаяся взамен предыдущей технологии изготовления бумажно-пленочных конденсаторов (комбинированных диэлектриков), значительно снижает диэлектрические потери. Потери конденсатора составляют не более 0,15 Вт/квар, и кроме того, в случае внутреннего короткого замыкания исключается риск повреждения и разрушения корпуса конденсатора. В обычных бумажных конденсаторах происходило выделение газа выше нормального уровня, в результате чего внутреннее давление повышалось до опасных значений.

General

High voltage capacitor units for power factor correction and harmonic filters are enclosed in stainless steel containers fitted with porcelain capacitor bushings.

Basically, there are two types:

- Single phase (one or two bushings) capacitor units with internal element fuses suitable for connection to power system net work of 11 kV and above or with high voltage high power machines.
- Three phase (three bushings) capacitor units with internal element fuses for connection to power system busbars or equipments with voltage rating preferably less than 11 kV.



Construction

The internal construction of a capacitor unit constitutes a group of single phase capacitor elements of suitable capacity. A number of such elements are connected in series-parallel to obtain designed power and voltage rating.

The number of groups of elements connected in series determines the voltage rating and number of parallel elements in a series group determines the power (kvar) rating of capacitor unit.

The capacitor units are manufactured with "All Film" technology. Capacitor elements are wound with biaxially oriented hazy polypropylene film of low losses and extended aluminium foils. This technology has replaced the previous "paper-film", (mixed dielectric) capacitors to reduce dielectric loss considerably. The capacitor losses are as low as 0,15 W/kvar and in addition, in case of an internal short circuit the risk of case rupture and explosion is avoided. In conventional capacitors, paper produced gases of abnormal level raising the internal pressure to a dangerous level.

The surface of polypropylene film is rough (hazy) to make oil penetration to internal film and foil layers faster and more effective at the time of impregnation and this has reduced the manufacturing time considerably.

The aluminium foil edge inside the element is laser-cut to make it smooth and free from sharp points (which normally exist in case of blade cut foil edges). Thus the electric field at edge is reduced to increase the corona inception voltage level. Capacitor units have better withstand capability against over voltages and transients.

Для обеспечения более быстрого и эффективного проникновения масла во внутреннюю пленку и фольгу на этапе погружения поверхность полипропиленовой пленки выполнена шершавой. Кроме того, такой подход позволил значительно минимизировать время производства.

Внутренняя кромка алюминиевой фольги получена путем лазерной резки, благодаря чему кромка имеет гладкую поверхность без острых выступающих элементов (которые образуются в процессе резки лезвием). Таким образом, снижается уровень электрического поля на кромке и увеличивается начальное напряжение коронного разряда. Блоки конденсаторов отличаются улучшенной защитой от перенапряжений и скачков питания.

Основные технические характеристики

В соответствии с рекомендациями, изложенными в стандарте МЭК: 60871-1:1997, компания "LIFASA" гарантирует:

- способность конденсаторов выдерживать 10% перенапряжение ($1,10xU_n$) в течение 12 часов каждые 24 часа.
- способность длительно выдерживать 30% перегрузку по току ($1,3xI_n$).

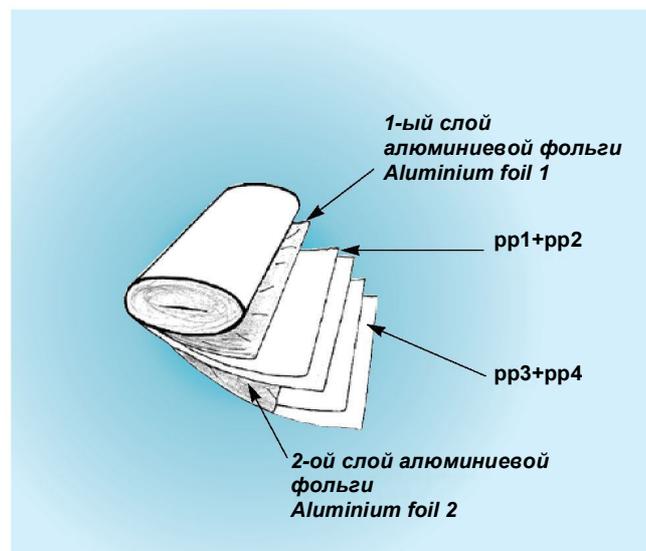
Указанные выше способности выдерживать перегрузку зависят от колебаний напряжения и гармоник, существующих в сети питания.

Для пропитки конденсаторов используются конденсаторные масла SAS-40E и M/DBT, биоразлагаемые, нехлорированные (не полихлорированные) жидкости, устойчивые к воздействию частичных разрядов.

Конденсаторы оснащены внутренними разрядными резисторами, предназначенными для уменьшения остаточного напряжения с максимального значения $\sqrt{2} \cdot U_n$ до 75 В в течение 10 минут в соответствии со стандартами МЭК после отключения от сети питания.

Внутренний предохранитель, предусмотренный для каждого однофазного элемента внутри блока, отключает элемент от цепи в маловероятном случае возникновения короткого замыкания или перегрузки по току, при этом конденсатор продолжает работать без этого элемента. В случае неисправности одного элемента в группе последовательно подсоединенных элементов при нулевом токе (высоком напряжении), предохранитель неисправного элемента перегорит под действием разряда энергии от других параллельно подсоединенных элементов этой группы. В большинстве случаев срабатывание предохранителя происходит именно таким образом. Однако если неисправность элемента возникает при больших значениях тока (нулевом напряжении), весь ток конденсатора из системы проходит через неисправный элемент, что приводит к перегоранию предохранителя, который не способен выдерживать подобную перегрузку по току.

В случае выхода из строя одного элемента выходная мощность устройства несколько снижается, примерно на 2-4% от нормальной выходной мощности. Устройство продолжает работать в нормальном режиме, в результате чего срок службы конденсатора продлевается. При следующей проверке технического состояния неисправность можно выявить и, при необходимости, устранить.



Main Technical Characteristics

Based on the recommendations given in IEC: 60871-1:1997, LIFASA guarantees.

10% over voltage ($1,10xU_n$) withstand capability for 12 hours in every 24 hours.

30% over current ($1,3xI_n$) carrying capacity continuously.

The overload capabilities stated above are to take care of voltage variations and harmonics which exist in the power system net work.

The liquid used for impregnation is SAS-40E and M/DBT, capacitor oils which are biodegradable non-chlorinated (non-PCB), and have strong withstand capability against partial discharges.

The capacitor units are fitted with internal discharge resistors to reduce the residual voltage from peak value of $\sqrt{2} \cdot U_n$ to 75 V within 10 minutes according to the recommendation in IEC after disconnection from power supply.

The internal fuse provided with each single phase element inside the unit, disconnects the element from the circuit, in an unlikely event of it developing a defect like short circuit or over current, and the capacitor unit continues to function, less one element. If an element in a series group develops a defect when current is zero (Voltage is high) the fuse of defective element blows as a result of energy discharge from other parallel connected elements of that group. In most of the cases the fuse operation takes place in this mode. However if the defect in the element occurs when current is high (voltage is zero) the entire capacitor current from system pass through the defective element, and fuse operates as it cannot withstand such over current.

The loss of one element reduces the power output of unit marginally, say to the order of 2-4% of its normal output. The unit continues to function normal way and thus the life of capacitor is extended. The defect could be traced and take corrective actions, as required, in the next maintenance check.

Все эти разработки, являющиеся результатом применения современных технологий в области конденсаторов и проведения периодических научных исследований, обеспечили устойчивость изготавливаемой продукции к воздействию жестких условий при лабораторных испытаниях.

Дополнительно к увеличенному диапазону стандартных значений мощности в квар и номинального напряжения устройств, наша компания может изготавливать и поставлять одно- и трехфазные устройства с любой выходной мощностью в диапазоне 25-600 кВАр и с любым номинальным напряжением с внутренними предохранителями в соответствии с различными потребностями заказчиков.

Допустимое отклонение мощности в кВАр составляет -5%/+10% в соответствии со стандартом МЭК: 60871-1.

All these developments are, result of utilisation of advanced technologies in capacitor field and regular R&D, and have made the product rigid and stable to withstand rigorous tests in the laboratories.

In addition to our extended range of standard kvar and voltage ratings of units, we are able to manufacture and supply units with any output and voltage rating according to the varying needs of customers, say 25 -600 kvar ,both single phase and three phase units with internal element fuses.

The tolerance in output kvar is -5%/+10% according to IEC: 60871-1.

Технические характеристики / Technical Data

Номинальное напряжение (Un):	Rated voltage (Un):	- трехфазное - 1-12 кВ - однофазное - 1 -24 кВ	Three phase 1-12 KV single phase 1 -24 KV
Выходная мощность, кВАр	Power output (kvar)	25 - 500 кВАр для трехфазных устройств 25 - 600 кВАр для однофазных устройств	25 - 500 kvar for three phase units 25 - 600 kvar for single phase units
Частота:	Frequency:	50/60 Гц	50/60 Hz
Справочные стандарты:	Reference standards:	МЭК 60871-1:1997 EN 60871-1:1997 МЭК 60871-4:1997 EN 60871-4:1997	IEC 60871-1:1997 EN 60871-1:1997 IEC 60871-4:1997 EN 60871-4:1997
Максимальное перенапряжение:	Over voltage Max.:	Un +10 % (в течение 12 ч. каждые 24 ч.) Un +15 % (в течение 30 минут) Un +20% (в течение 5 минут) Un 30% (в течение 1 минуты)	Un +10 % (12 hours in 24 hours daily) Un +15 % (30 minutes) Un +20% (5 minutes) Un + 30% (1 minutes)
Перегрузка по току (согласно стандарту)	Over current (according to standard):	1,3 * In	1,3 * In
Допустимое отклонение:	Tolerance:	-5/+10%	-5/+10%
Испытательное напряжение (между клеммами):	Test Voltage, (between terminals):	4,3* Un пост. тока 10 с., или 2,15* Un перем. тока 10 с.	4,3* Un DC 10 s, or 2,15* Un AC 10 s
Испытательное напряжение (между клеммами) (и корпусом):	Test Voltage, (between terminals (and container):	согласно стандарту МЭК в течение 10 с	As per the table in IEC standard for 10 s
Предельный пусковой ток:	Limit of inrush current:	не более 100x1η	max. 100x1η
Диэлектрические потери:	Dielectric loss:	0,07 Вт / кВАр	0,07 W / kvar
Потери конденсатора (ориентировочные):	Capacitor losses (approx.):	0,15 Вт / кВАр (с резисторами и внутренними предохранителями)	0,15 W / kvar (with resistors & internal fuses)
Основной уровень прочности изоляции:	Basic insulation level:	20/60 кВ; 28/75 кВ; 38/95 кВ; 50/125 кВ; 70/170 кВ	20/60 kV; 28/75 kV; 38/95 kV; 50/125 kV; 70/170 kV
Срок службы:	Life expectation	>100 000 ч.	>100 000 hours
Класс защиты:	Nivel IP de Protección:	IP 00, при внутренней и наружной установке	IP 00, indoor and outdoor
Категория по температурному режиму:	Temperature Category:	"C" -40° / макс. 50°	"C" -40° / maximum of 50°
Тип охлаждения	Type of cooling	Естественное, воздушное	Air Natural
Влажность	Humidity	не более 95 %	maximum 95 %
Высота установки:	Altitude of site:	1000 м над средним уровнем моря	1000 m above mean sea level
Монтаж:	Mounting:	горизонтальный/вертикальный	Horizontal/Vertical
Средства крепления:	Mounting arrangement:	кронштейны	Mounting brackets
Внутренние защитные устройства:	Device for internal protection:	Внутренний предохранитель	Internal element fuse
Наружные защитные устройства:	Device for external protection:	Датчик давления, нормально-замкнутый и нормально-разомкнутый контакты (дополнительная опция)	Pressure sensor, NO+NC contact (optional)
Корпус	Container	нержавеющая сталь	Stainless steel
Диэлектрик:	Dielectric:	полипропиленовая пленка	Polypropylene film
Пропитка:	Impregnant:	неполихлорированная, биоразлагаемая	Non-PCS, biodegradable
Резьбовой вывод:	Terminal bushing:	фарфор	Porcelain
Устойчивость к воздействию разряда:	Discharge Resistance:	предусмотрена - остаточное напряжение 75 В через 10 мин.	Provided - Residual voltage 75 V in 10 min
Рекомендуемый момент затяжки M12:	Recommended tighten M12:	10 Нм	10 Nm
Рекомендуемый момент затяжки M10:	Recommended tighten M10:	7 Нм (заземление)	7 Nm (earth)

Справочные стандарты Reference Standards

Конденсаторы Lifasa соответствуют стандартам:

МЭК 60871-1 и 2.
МЭК 593

Lifasa Capacitors conforms to:

IEC 60871-1 & 2.
IEC 593

Таблица. Основной уровень прочности изоляции
Basic Isulation Level (BIL) Table

Испытания Tests	Максимальное сетевое напряжение, подаваемое на конденсаторы в соответствии со спецификацией Maximum system voltage for capacitors conforming to the specification Основной уровень прочности изоляции, кВ Basic Insulation Level (kV)				
	7,2	12	17,5	24	36
Промышленная частота, испытательное напряжение, кВ 50 Гц 1 мин. Power frequency, test voltage kV. 50 Hz 1 min.	20	28	38	50	70
Уровень импульса, 1,2 кВ/ 50 мкс Impulse Level, 1,2kV/ 50 μ s	60	75	95	125	170
Длина пути утечки, мм Creepage distance (mm)	140	190	300	435	600
Тип конденсатора Type of Capacitor					
Однофазный Single phase	X	X	X	X	X
Трёхфазный Three phase	X	X			

Внешние рабочие условия согласно стандарту МЭК: 60871
Ambient air condition for operation according to IEC: 6087

ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА, °C AMBIENT AIR TEMPERATURE (°C)

Символ Symbol	Температура Temperature	макс. средний максимум за любой период в течение 24 ч. maximum Highest mean over any period of 24 hours	средний максимум за любой период в течение 1 года Highest mean over any period of 1 year
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Периодические испытания отдельных устройств:

Испытания всех изготовленных изделий проводятся на заводе-изготовителе в соответствии со стандартом МЭК:60871-1

Конденсаторы:

- Проверка герметичности.
 - Измерение емкостного сопротивления.
 - Измерение величины потерь (тангенс дельта) конденсаторов.
 - Испытание высоким напряжением между клеммами.
 - Испытание внутреннего разрядного устройства.
 - Испытание на разряд внутренних предохранителей.
- Испытания высоким напряжением промышленной частоты между клеммами и корпусом.

Routine tests on individual units:

Tests are carried out on each unit manufactured, at our works, according to IEC:60871-1

Capacitors:

- Sealing test.
- Measurement of capacitance.
- Measurement of tan delta (losses) of capacitor.
- High Voltage Test between terminals.
- Test on internal discharge device.
- Discharge test on internal fuses.
- Power frequency High Voltage test between terminals and container.

Выбор конденсаторов в зависимости от области применения Selection of Capacitors according to application

Таблица. Краткий обзор общих характеристик
General Characteristics/ Table (in brief)

Тип / Type	Трёхфазный / Three phase	Однофазный / Single phase
	AT...	AM... / AS...
Выходная мощность / Power output	25 - 500 кВАр / 25 - 500 kvar	25 - 600 кВАр / 25 - 600 kvar
Номинальное напряжение / Voltage rating	1,0-11,0 кВ / 1,0-11,0 kV	1,0-24,0 кВ (*) / 1,0-24,0 kV (*)
Максимальное напряжение сети / Highest system Voltage	7,2 -12 кВ 7,2 -12 kV	7,2-12-17,5.-24-36 кВ 7,2-12-17,5.-24-36 kV
Остаточное напряжение в течение определенного периода времени	75 В/10 минут (МЭК: 871)	75 В/10 минут (МЭК: 871)
Residual voltage and time	75 V/10 minutes (IEC: 871)	75 V/10 minutes (IEC: 871)
Пропитка / Impregnant	SAS-40E / M/DBT (JARYLEC C101)	SAS-40E/M/DBT (JARYLEC C101)
Внутреннее соединение / Internal connection	Звезда Star	Однофазный Single phase

(*) См. данные таблицы на стр. 17*.

(*) See the table in page 17*.

Трёхфазный / Three phase

Таблица 1. Трёхфазные конденсаторы напряжением 3,3 кВ частотой 50 Гц с внутренним соединением типа "звезда" с основным уровнем прочности изоляции 28/75 кВ

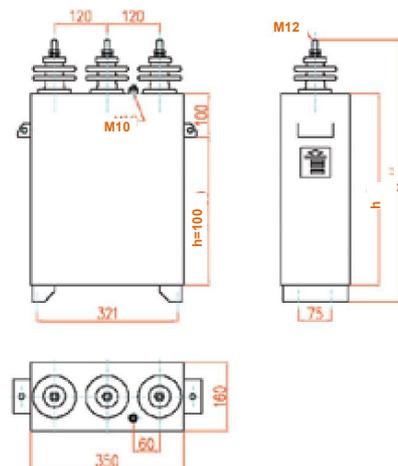
Tab. 1 Three phase capacitors 3,3 kV 50 Hz - Internal connection -Y BIL: 28/75 kV

Справочный документ / Reference	Мощность / Power	Емкостное сопротивление (линии) / Capacitance (line)	Высота (мм) / Height (mm)		Масса / Weight	Рис. / Figure
			h	H		
ATEFA3033025	25	3 x 3,65	250	428	25	1
ATEFA3033033	33,3	3 x 4,85	250	428	25	1
ATEFA3033050	50	3 x 7,3	290	468	27	1
ATEFA3033067	66,7	3 x 9,75	290	468	27	1
ATEFA3033075	75	3 x 10,95	350	528	32	1
ATEFA3033100	100	3 x 14,6	350	528	32	1
ATEFA3033125	125	3 x 19,45	470	648	42	1
ATEFA3033150	150	3 x 21,9	510	688	45	1
ATEFA3033200	200	3 x 29,25	580	758	50	1
ATEFA3033250	250	3 x 36,55	670	848	56	1
ATEFA3033300	300	3 x 43,85	740	938	62	1
ATEFA3033400	400	3 x 58,45	995	1173	80	1

Таблица 2. Трёхфазные конденсаторы напряжением 6,3 кВ частотой 50 Гц с внутренним соединением типа "звезда" с основным уровнем прочности изоляции 28/75 кВ

Tab. 2 Three phase capacitors 6,3 kV 50 Hz - Internal connection -Y BIL: 28/75 kV

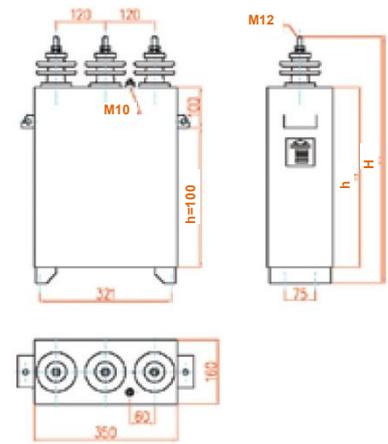
Справочный документ / Reference	Мощность / Power	Емкостное сопротивление (линии) / Capacitance (line)	Высота (мм) / Height (mm)		Масса / Weight	Рис. / Figure
			h	H		
ATEFA3063025	25	3 x 1	290	468	27	1
ATEFA3063033	33,3	3 x 1,335	290	468	27	1
ATEFA3063050	50	3 x 2	290	468	27	1
ATEFA3063067	66,7	3 x 2,675	350	528	32	1
ATEFA3063075	75	3 x 3	350	528	32	1
ATEFA3063100	100	3 x 4	410	588	37	1
ATEFA3063125	125	3 x 5,35	470	648	42	1
ATEFA3063150	150	3 x 6	580	758	50	1
ATEFA3063200	200	3 x 8	580	758	50	1
ATEFA3063250	250	3 x 10	670	848	56	1
ATEFA3063300	300	3 x 12	830	1008	70	1
ATEFA3063400	400	3 x 16	995	1173	80	1



Размеры / Dimensions
Figure 1/Рисунок 1

Tab. 3 Three phase capacitors 6,6 kV50 Hz -Internal connection -YBIL: 28/75 kV
Таблица 3. Трехфазные конденсаторы напряжением 6,6 кВ частотой 50 Гц с внутренним соединением типа "звезда" с основным уровнем прочности изоляции 28/75 кВ

Справочный документ Reference	Мощность Power	Емкостное сопротивление (линии) Capacitance (line)	Высота (мм) Height (mm)		Масса Weight	Рис. Figure
			h	H		
	[кВАр] [kvar]	[мкФ] [µF]	h	H	[кг] [kg]	№ No.
ATEFA3066025	25	3 x 0,9	290	468	27	1
ATEFA3066033	33,3	3 x 1,2	300	478	28	1
ATEFA3066050	50	3 x 1,85	300	478	28	1
ATEFA3066067	66,7	3 x 2,45	350	530	28	1
ATEFA3066075	75	3 x 2,75	350	530	28	1
ATEFA3066100	100	3 x 3,65	410	588	37	1
ATEFA3066125	125	3 x 4,85	470	648	42	1
ATEFA3066150	150	3 x 5,50	470	648	50	1
ATEFA3066200	200	3 x 7,30	580	758	50	1
ATEFA3066250	250	3 x 9,15	670	848	56	1
ATEFA3066300	300	3 x 11,0	740	918	60	1
ATEFA3066400	400	3 x 14,6	870	1048	73	1



Dimensions/Размеры
Figure 1/Писунок 1

Для получения сведений по другим характеристикам, обратитесь в технический отдел нашего предприятия.
 For other ratings, consult technical department of our works.

Однофазные устройства с внутренними предохранителями/Single phase units with internal fuses:

Как отмечалось ранее, внутренний предохранитель предотвращает полный отказ конденсатора, повреждение и разрушение корпуса. Поэтому конденсаторы рекомендуется выбирать с внутренними предохранителями. В приведенной ниже таблице указаны характеристики конденсаторов с внутренними предохранителями:

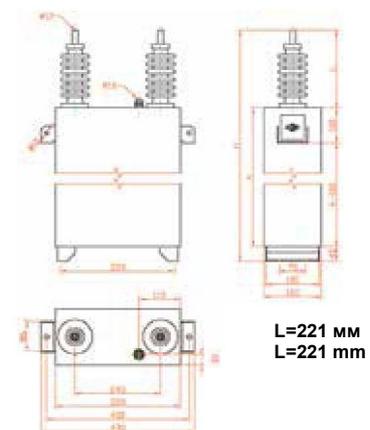
As we have discussed earlier, internal fuse provides protection against total failure of capacitor unit, case rupture and explosion. Therefore it is advisable to select capacitor units having internal fuse protection. Table below indicates the rating of capacitor units which are normally having internal fuses:

Номинальное напряжение, кВ Rated Voltage [kV]	Однофазные силовые конденсаторы с внутренними предохранителями: Single Phase Capacitor Power units with internal Fuse												
	50 кВАр 50 kvar	75 кВАр 75 kvar	100 кВАр 100 kvar	150 кВАр 150 kvar	200 кВАр 200 kvar	250 кВАр 250 kvar	300 кВАр 300 kvar	350 кВАр 350 kvar	400 кВАр 400 kvar	450 кВАр 450 kvar	500 кВАр 500 kvar	550 кВАр 550 kvar	600 кВАр 600 kvar
2,4													
3,3													
4,2	-	-											
5,2	-	-											
6,3	-	-											
6,6	-	-											
7,35	-	-	-										
8,9	-	-	-										
10,3	-	-	-	-									
11	-	-	-	-									
12,5	-	-	-	-									
15,1	-	-	-	-	-								

Однофазный/ Single phase

Таблица 4. Однофазные конденсаторы напряжением 8,0 кВ с однофазным внутренним соединением с основным уровнем прочности изоляции 38/95 кВ
Tab. 4 Single phase Capacitor units, 8,0 kV-internal connection 1ph. BIL: 38/95 kV

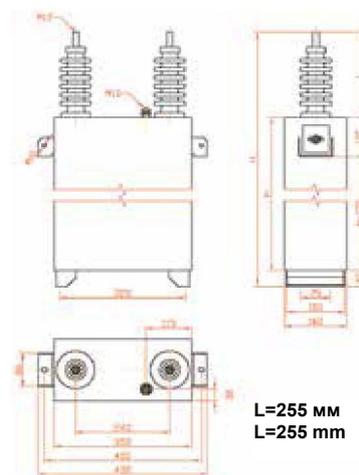
Справочный документ Reference	Мощность Power	Емкостное сопротивление (линии) Capacitance P-P	Высота (мм) Height (mm)		Масса Weight	Рис. Figure
			h	H		
	[кВАр] [kvar]	[мкФ] [µF]	h	H	[кг] [kg]	№ No.
AMEFA4080050	50	2,48	170	435	17	2
AMEFA4080075	75	3,73	200	475	20	2
AMEFA4080100	100	4,97	250	515	22	2
AMEFA4080125	125	6,21	300	565	25	2
AMEFA4080150	150	7,46	330	595	28	2
AMEFA4080200	200	9,94	420	685	34	2
AMEFA4080250	250	12,43	520	785	40	2
AMEFA4080300	300	14,92	600	865	46	2
AMEFA4080350	350	17,4	570	835	51	2
AMEFA4080400	400	19,89	640	905	57	2
AMEFA4080450	450	22,38	710	975	63	2
AMEFA4080500	500	24,86	780	1045	68	2
AMEFA4080600	600	29,84	920	1185	79	2



Dimensions/Размеры
Figure 2/Писунок 2

Tab. 5 Single phase Capacitor units, 12,124 kV- internal connection 1ph. BIL: 50/125 kV
Таблица 5. Однофазные конденсаторы напряжением 12,124 кВ с однофазным внутренним соединением с основным уровнем прочности изоляции 50/125 кВ

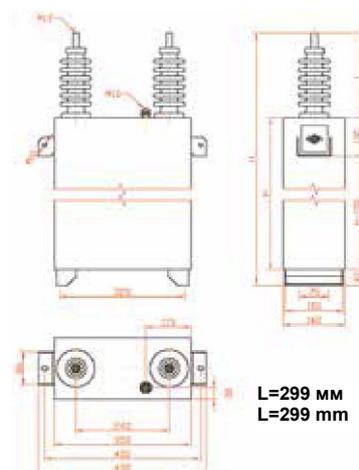
Reference Справочный документ	Power Мощность	Capacitance P-P Емкость P-P	Height (mm) Высота (мм)		Weight Масса	Figure Рис.
			h	H		
	[kvar] [кВАр]	[µF] [мкФ]	h	H	[kg] [кг]	No. №
AMEFA5121050	50	1,08	170	467	17	3
AMEFA5121075	75	1,62	200	507	20	3
AMEFA5121100	100	2,16	250	547	22	3
AMEFA5121125	125	2,7	300	587	25	3
AMEFA5121150	150	3,24	330	627	28	3
AMEFA5121200	200	4,33	420	717	34	3
AMEFA5121250	250	5,41	520	817	40	3
AMEFA5121300	300	6,49	600	897	46	3
AMEFA5121350	350	7,57	570	867	51	3
AMEFA5121400	400	8,66	640	937	57	3
AMEFA5121450	450	9,74	710	1007	63	3
AMEFA5121500	500	10,82	780	1077	68	3
AMEFA5121600	600	13	920	1217	79	3



Dimensions/Размеры
Figure 3/Рисунок 3

Таблица 6. Однофазные конденсаторы напряжением 15,150 кВ частотой 50 Гц, с основным уровнем прочности изоляции 70/170 кВ
Tab. 6 Condensadores Monofásicos, 15,150 kV / 50 Hz, nivel de aislamiento 70/170 kV

Reference Справочный документ	Power Мощность	Capacitance P-P Емкость P-P	Height (mm) Высота (мм)		Weight Масса	Figure Рис.
			h	H		
	[kvar] [кВАр]	[µF] [мкФ]	h	H	[kg] [кг]	No. №
AMEFA6151050	50	0,69	170	488	17	4
AMEFA6151075	75	1,04	200	528	22	4
AMEFA6151100	100	1,38	250	568	22	4
AMEFA6151125	125	1,73	300	608	28	4
AMEFA6151150	150	2,08	330	648	28	4
AMEFA6151200	200	2,77	420	738	34	4
AMEFA6151250	250	3,46	520	838	40	4
AMEFA6151300	300	4,13	600	918	46	4
AMEFA6151350	350	4,85	570	888	51	4
AMEFA6151400	400	5,54	640	958	57	4
AMEFA6151450	450	6,24	710	1028	63	4
AMEFA6151500	500	6,93	780	1098	68	4
AMEFA6151600	600	8,32	920	1238	79	4



Dimensions/Размеры
Figure 4/Рисунок 4

Tab. 7 Single phase Capacitor units, 18,190 kV- internal connection 1 ph., BIL: 70/170 kV
Таблица 7. Однофазные конденсаторы напряжением 18,190 кВ с однофазным внутренним соединением с основным уровнем прочности изоляции 70/170 кВ

Reference Справочный документ	Power Мощность	Capacitance P-P Емкость P-P	Height (mm) Высота (мм)		Weight Масса	Figure Рис.
			h	H		
	[kvar] [кВАр]	[µF] [мкФ]	h	H	[kg] [кг]	No. №
AMEFA6182150	150	1,44	330	648	28	4
AMEFA6182200	200	1,92	420	738	34	4
AMEFA6182250	250	2,4	520	838	40	4
AMEFA6182300	300	2,88	600	918	46	4
AMEFA6182350	350	3,36	570	888	51	4
AMEFA6182400	400	3,84	640	958	57	4
AMEFA6182450	450	4,33	710	1028	63	4
AMEFA6182500	500	4,81	780	1098	68	4
AMEFA6182600	600	5,77	920	1238	79	4



Для получения сведений по другим характеристикам, просьба обращаться в технический отдел нашего предприятия.
 For other ratings, consult technical department of our works.



Батареи ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ конденсаторов

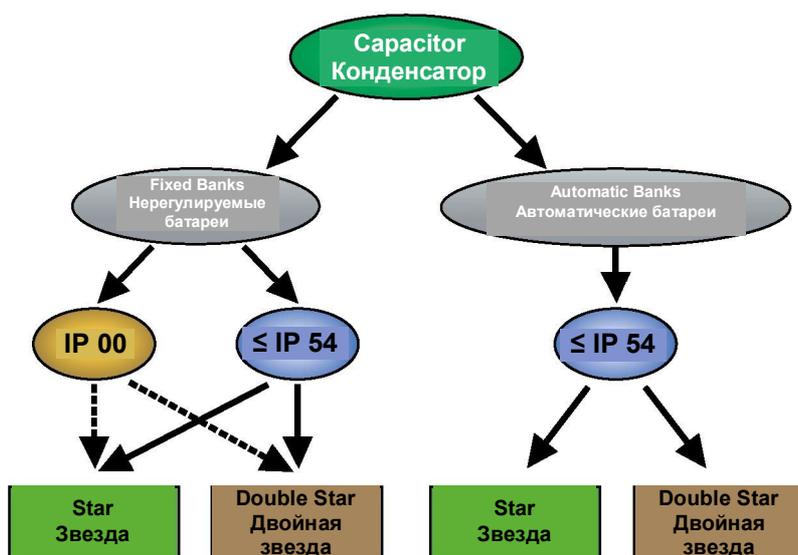
High Voltage Capacitor Banks

5. Нерегулируемые и автоматические батареи высоковольтных конденсаторов Lifasa

5. Lifasa high voltage capacitor banks-fixed & automatic

К высоковольтным конденсаторам (так же как и к низковольтным конденсаторам) предусматривается подключение серии приспособлений и компонентов, образующих комплексную систему, эффективно работающую при подключении к сети питания с целью коррекции коэффициента мощности (компенсации реактивной мощности). Этот сборный узел называется конденсаторной батареей. Конденсаторные батареи бывают нерегулируемыми и автоматическими, и комплектуются устройствами защиты от выхода из строя при подключении к сети питания. Фактором, определяющим выбор типа и конфигурации конденсаторной батареи, является только фактор стоимости. В настоящем документе приведены сведения о разных типах конфигурации батарей и устанавливаемых в них элементах, на которые следует ориентироваться при выборе наиболее подходящего типа оборудования, отвечающего требованиям конкретной электрической сети.

There is a series of accessories and components (just as in case of low voltage capacitor banks) which are assembled with high voltage capacitor units to form a composite equipment, which functions efficiently, when connected to power system net work for power factor correction (reactive power compensation). This assembly is designated as Capacitor bank. Capacitor banks are either FIXED type or AUTOMATIC and are complete with equipments for protection against malfunctioning when connected to power system net work. The selection of the type of capacitor bank and its configuration, totally depends on cost factor. This document discuss the various types of banking configurations and components fitted, to serve as a guideline for easy selection of best type of equipment, which would meet the requirement of a particular power system.



По способу соединения различают два типа батарей. К первому типу относятся трехфазные батареи с соединением типа "звезда", которые являются наиболее подходящими для применения в системе с преимущественно низким напряжением, примерно 6,6 кВ. Ко второму типу относятся трехфазные батареи с соединением типа "двойная звезда", состоящие из не менее 6 однофазных конденсаторов, которые являются наиболее подходящими для применения в системах с более высоким напряжением, примерно 11 кВ и выше.

There are two types of banks, depending upon the mode of connection. First is 3 phase single star connected, which is suitable, where voltage is preferably low, say up to 6,6 kV. Other is 3 phase double star connected bank assembled with minimum 6 Nos of single phase units, preferably for systems where voltage is higher, say 11 kV and above.

• Батареи трехфазных конденсаторов

Этот тип батарей состоит из трехфазных конденсаторов в количестве 1-4 шт., соединенных параллельно. Внутреннее соединение этих трехфазных конденсаторов выполнено по типу "звезда", поэтому в целом батарея имеет конфигурацию типа "звезда".

В состав батареи входят следующие компоненты (в соответствии с сетевыми требованиями):

- металлический корпус,
- предохранители с большой отключающей способностью для обеспечения защиты батареи,
- контактор управления (дополнительная опция),
- катушки пускового тока, конденсатор(ы).

• Banks with 3 phase units

This type of bank is assembled with 3 phase units 1 to 4 Nos. connected in parallel. Units are 3 phase internally star connected and thus the bank in totality is in single star configuration.

The bank is having following components (to suit the system requirements):

- Sheet metal enclosure.
- High Rupture Capability Fuses for protection of bank
- Contactor for operation (optional).
- Inrush Current inductors.
- Capacitor unit/ units.



Фактически выбор необходимых компонентов определяется требованиями заказчика и типом сети питания. Как правило, этот тип батарей подключается к сети питания с максимальным напряжением 12 кВ, и если требуемая реактивная мощность составляет 50 - 1600 кВАр при сетевом напряжении 6,6 кВ, и до 2400 кВАр - при сетевом напряжении 11 кВ. При большем напряжении можно получить большую мощность, поскольку максимальный номинальный ток предохранителей, применяемых нашей компанией, равен 315 А.

- **Трехфазное соединение двойной звездой**

В этом случае однофазные конденсаторы монтируются параллельно, образуя батареи (группы) с соединением типа "двойная звезда", а две нейтрали объединяются в одну общую изолированную нейтраль через трансформатор тока нулевой последовательности. В случае возникновения неисправности в любой из указанных групп в трансформаторе тока возникает ток небаланса в нейтрали, что приводит к срабатыванию сигнализации или к отключению устройства для предотвращения более серьезной неисправности.

Причиной небаланса может быть неисправность конденсатора, обусловленная его износом и воздействием гармоник, или неисправность в других подключенных компонентах.

Сочетание технологий применения конденсаторов с внутренними предохранителями и трансформаторов тока, защищающих от воздействия смещения нейтрали, является наилучшим способом обеспечения защиты и функционирования схемы коррекции коэффициента мощности. Количество конденсаторов в батарее определяется величиной номинальной мощности (в кВАр) батареи и напряжением сети. Число конденсаторов кратно 3, при этом их общее количество должно быть не меньше 6.

В состав батарей высоковольтных конденсаторов в сборе входят следующие компоненты в зависимости от требований заказчика или характеристик *электрической сети*:

- металлический корпус,
- вакуумный контактор или автоматический выключатель SF6 (дополнительная опция),
- ограничители пускового тока,
- трансформатор тока нулевой последовательности,
- конденсаторы,
- реле защиты от несбалансированного тока нулевой последовательности (дополнительная опция).

Как правило, батареи с трехфазными параллельно соединенными конденсаторами применяются в системах напряжением не более 12 кВ с низким потреблением реактивной мощности.

Practically the components required is depending upon customer requirements and type of power system. Normally this type of bank is connected to power system net work where highest voltage is 12 kV, and kvar requirement is 50 to 1600 kvar for 6,6 kV system and up to 2400 kvar incase the system voltage is 11 kV. We can offer more power at higher voltage, because maximum current rating for fuses that we use is 315 A.

- **Three phase double star connection**

In this case, single phase capacitor units are assembled to form, two-star connected banks (star groups) side by side, and two neutrals are then joined together through a neutral C.T. to have a common ungrounded neutral. Defect, if any occurs, in any of the star group, the unbalance current in the neutral is detected by the C.T. to initiate an alarm or a trip, before greater damage could occur.

The possible causes of unbalance are, a defect in the capacitor unit due its ageing, harmonics, or a defect developed in other connected components.

The combination of internally fused capacitor units and neutral unbalance C.T. forms the best mode of protection and performance of power factor correction scheme. The number of capacitor unit in the bank, depends on the power rating (kvar) of bank and system voltage. The number of units are in multiples of 3, however, there is minimum 6Nos in any case.

Assembly of High Voltage capacitor banks comprises the following equipments, depending on the customer requirement or nature of power system

- Sheet metal enclosure.
- Vacuum contactor or SF6 circuit breaker (optional).
- Inrush current reactors.
- Neutral Current Transformer.
- Capacitor units.
- Neutral unbalance current relay (optional).

Normally, banks with three phase units connected in parallel are used for systems up to 12 kV where kvar requirement is not high.



Для напряжения более 12 кВ трехфазные конденсаторы не предусмотрены. Поэтому при более высоком номинальном напряжении и большем потреблении реактивной мощности используются батареи конденсаторов с соединением двойной звездой. С помощью этой конфигурации можно получить напряжение любого уровня и любую реактивную мощность на выходе, в результате чего конструкция конденсаторной батареи становится технически и экономически эффективной.

- **Нерегулируемые конденсаторные батареи с постоянным соединением**

Предусмотрен целый ряд модификаций нерегулируемых конденсаторных батарей, поставляемых в комплекте с различными корпусами/монтажными стойками и устанавливаемым в них оборудованием.

Диапазон характеристик продукции

- от 50 до 4800 кВАр, (другие характеристики - по требованию заказчика).
 - Диапазон значений номинального напряжения сети - от 7,2 кВ до 36 кВ.
 - Возможные конфигурации.
 - Батареи с параллельно соединенными трехфазными конденсаторами (с внутренним соединением типа "звезда" и с внутренними предохранителями).
- Батареи с однофазными конденсаторами, соединенными по схеме "двойная звезда".

Three phase units are not available above 12 kV. Therefore, for higher voltage rating and power (kvar) requirements, double star connected capacitor banks with single phase units, is used. With this combination, we are able to achieve any voltage level and kvar output, which would give a technically and economically viable capacitor bank design.

- **Fixed Capacitor Banks (For permanent connection)**

There is a variety of fixed banks with different types of enclosure/mounting rack, and equipments included.

Product range

- 50 kvar to 4800 kvar, (other ratings, on demand from customer).
- Power system rated voltages 7,2 kV to 36 kV.
- Possible configurations.
- Banks with parallel connected 3 phase units (internally star connected with internal element fuses).
- Banks with single phase units connected in double star.

- **Автоматические батареи высоковольтных силовых конденсаторов**

Автоматические батареи высоковольтных конденсаторов предназначены для коррекции коэффициента мощности в комплексах и установках с нестабильными нагрузками на электрическую сеть. Батареи этого типа делятся на несколько ступеней равной или неравной реактивной мощности в зависимости от режима нагрузки. Включение и выключение ступеней конденсатора осуществляется с помощью контактора, управляемого контроллером коэффициента мощности типа МСХ. При подключении разрядной катушки (трансформатора напряжения) параллельно со ступенями конденсаторов, время разряда конденсаторов сокращается до 10 секунд (с 10 минут). Благодаря этому обеспечивается возможность быстрого повторного подключения ступеней.



Батареи оснащены следующими компонентами:

- металлический корпус,
- предохранители HRC ступеней конденсаторов с индикатором перегорания предохранителей,
- вакуумный контактор или автоматический выключатель SF₆,
- реакторы (катушки индуктивности) ограничения пускового тока,
- высоковольтные одно- или трехфазные конденсаторы "LIFASA" с внутренними предохранителями,
- шкаф управления с контроллером коэффициента мощности и индикаторами.

Диапазон характеристик продукции

- от 50 кВАр до любого значения в зависимости от требования заказчика.
- Номинальное напряжение - до 36 кВ.

Типы исполнения и технические характеристики

Обладая обширными знаниями и опытом, компания "LIFASA" способна разрабатывать технически и экономически эффективные способы коррекции коэффициента мощности для установок любого типа.

- **H.V. Automatic Power Capacitor Banks**

High voltage automatic power factor correction banks are suitable for plants and installations, where load on the power system is fluctuating. In this type of bank, the total kvar is divided in to a number of steps -equal or unequal- depending on load conditions. The capacitor steps are switched in or out through a contactor, controlled by a power factor controller of type MCX. If a discharge coil (Voltage Transformer) is connected along with the steps, the discharge time of capacitors get reduced to 10 seconds (otherwise it is 10 minutes). This would enable rapid reconnection of steps.

The banks are equipped with:

- Sheet metal enclosure.
- H.R.C. Fuses for capacitor steps with fuse failure indication.
- Vacuum Contactor or SF₆ Circuit Breaker.
- Inrush current limiting reactor (inductor).
- H.V. Capacitor units of single phase or three phase LIFASA with internal element fuses.
- Control box with power factor controller and indications.

Product range

- 50 kvar to any rating as per the requirement of customer.
- Voltage rating up to 36kV.

Designs and specifications

With vast knowledge and experience available in LIFASA, we are capable of working out a technically and economically viable power factor solution for each type of installation.

6. Реакторы (катушки индуктивности) ограничения пускового тока

6. Inrush current limiting reactor (inductor)

Среди прочих элементов, подключаемых к конденсаторной батарее и обеспечивающих ее бесперебойную работу, наиболее важную роль играет реактор последовательного включения. Реактор предназначен для ограничения тока включения (пускового тока) при включении конденсаторной батареи, а также тока разряда при отключении батареи, поэтому это устройство также называется дросселем.



При включении конденсаторной батареи, особенно при пиковом напряжении, в конденсаторные батареи поступает ток большой величины, называемый пусковым током. Величина этого тока включения достаточно высока и опасна для конденсаторов и связанного с ним оборудования, а также для других устройств, подключенных к сети.

Для снижения до минимума величины пускового тока необходимо подключить катушку индуктивности, соответствующую следующим критериям:

- В соответствии со стандартом МЭК: 60871 конденсатор рассчитан на нагрузку по пусковому току в 100 раз превышающую величину номинального тока. Для ограничения величины пускового тока в этих пределах необходима катушка индуктивности.
- При этом пусковой ток не должен влиять на продолжительность службы и технические характеристики распределительного устройства, управляющего конденсаторной батареей. В этом случае для защиты конденсаторных батарей/ступеней применяются предохранители HRC. При этом пусковой ток должен быть ниже тока плавления плавких стоек для того, чтобы избежать нежелательного перегорания предохранителей.

Among various equipments connected with capacitor bank for its smooth operation, series reactor has an at most important function. The reactor limits the switching (inrush) current at the time of switching ON the bank, and discharge current when bank is switched OFF and thus it is known as choke.

At the time of switching ON a capacitor bank, especially when voltage wave is in its peak, capacitor banks draws heavy current, known as inrush current. The magnitude of this switching current is high and is harmful to capacitors and its associated equipments and also to other equipments connected to the system.

In order to minimize the magnitude of inrush current, it is necessary to connect an inductor, which satisfies the following criteria:

- *According to IEC: 60871, a capacitor is designed to withstand inrush currents up to 100 times the rated current. The inductor need to limit the magnitude of inrush current within this limit.*
- *Inrush current should not be harmful to the life and performance of switch gear which is operating the capacitor bank. In case capacitor banks/steps are protected by H.R.C. Fuses, the inrush current should be below the fusing current of fuse links, in order to avoid nuisance fuse blow.*

If more than one capacitor bank is connected to a busbar, the inrush current arising out of parallel switching (energizing a capacitor bank to a busbar where other capacitor bank/banks are already existing in energized condition) is very high. The parameters of inductor need to be worked out and decided accordingly. For this purpose the following data need to be considered:

- *Short Circuit power of system to which capacitor bank is to be connected.*
- *Details of existing capacitor banks.*

For calculating, inrush/switching current, the following expression is useful.

6.1. When only one capacitor bank is connected.

The inrush current is a function of short circuit level of power system (MVA), to which capacitor bank is to be connected, and the power rating of bank (Mvar).

$$I_p = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q}}$$

В случае подсоединения к шине нескольких конденсаторных батарей, при их одновременном включении (при подключении одной конденсаторной батареи к шине, к которой уже подключены несколько других батарей) возникает пусковой ток большой величины. Это должно учитываться при определении параметров катушки индуктивности. Расчет параметров следует выполнять с учетом следующих данных:

- мощность короткого замыкания в сети, к которой подключена конденсаторная батарея,
 - характеристики имеющихся конденсаторных батарей.
- Ниже приведена формула для расчета пускового тока (тока включения).

6.1. Подсоединение одной конденсаторной батареи.

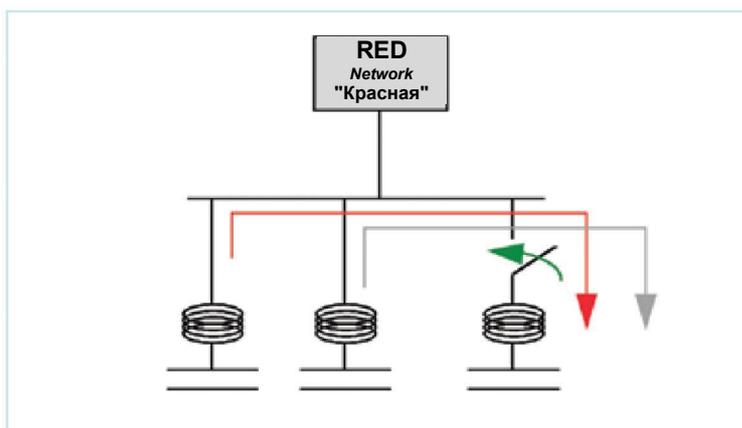
Величина пускового тока зависит от уровня токов короткого замыкания в электрической сети (в МВА), к которой подключается конденсаторная батарея, и от номинальной мощности батареи (в МВАр).

$$I_p = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q}}$$

Как правило, для такого типа установок не требуется монтаж реактора последовательного включения (катушки индуктивности), так как величина полного сопротивления сети является достаточной для ограничения пускового тока. Однако это подлежит проверке и окончательному подтверждению до принятия решения о необходимости установки реактора. Если расчетный пусковой ток превышает номинальный ток конденсаторной батареи более чем в 100 раз, установка реактора последовательного включения (катушки индуктивности) обязательна.

6.2. Параллельное соединение батарей

Как указывалось выше, при включении какой-либо конденсаторной батареи на шину, к которой уже подключены несколько других батарей, пусковой ток от включенных батарей поступает на вновь подключаемую батарею. Это происходит в автоматических батареях с несколькими ступенями конденсаторов.



Из-за сверхвысокого пускового тока в данной сети, подключение реактора последовательного включения (катушки индуктивности) обязательно.

Примечание: Для получения информации о реакторе последовательного включения, просьба обращаться в технико-коммерческий отдел нашей компании

Normally, this type of installations does not require series reactor (inductor) as the system impedance is sufficient to restrict inrush current. However this need to be verified and ascertained before deciding, whether reactor is required or not. if the calculated inrush current is more than 100 times the rated current of capacitor bank, it would call for incorporation of series reactor (inductor)

6.2. Parallel connected banks

As discussed earlier, inrush current when a capacitor bank is switched ON to a busbar, where one or more energized bank/banks are existing, the energized banks discharges in to the newly connected bank. This situation exists in automatic banks having more than one step.

Inrush current is very high, and connection of series reactor (inductor) is unavoidable.

Note: For details of series reactor, consult our techno-commercial department

6.3. Реактор ограничения пускового тока конденсаторных батарей

Реакторы этого типа предназначены для ограничения переходного тока, возникающего в соединении конденсаторов.



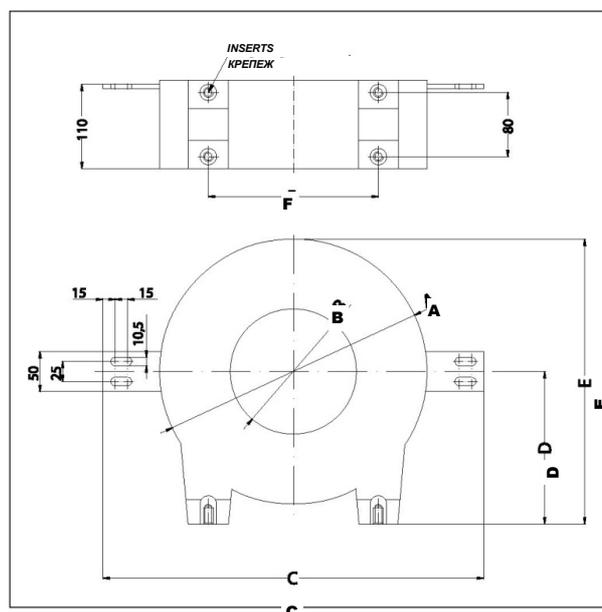
Технические характеристики:

Technical characteristics:

- реактор с воздушным сердечником в резиновой оболочке
Air core reactor, encapsulated in resin
- внутренняя и наружная установка
Indoor and outdoor
- $I_{max} = 1.43 \times I_n$
 $I_{max} = 1.43 \times I_n$
- Номинальный кратковременно допустимый ток:
 $43 \times I_n / 1 \text{ c}$
Rated short duration current: $43 \times I_n / 1 \text{ seg.}$
(X kA/seg. on request)
- Рабочий ток: 1,5 It
Dynamic current: 1.5 It
- Уровень прочности изоляции: 12 кВ (28/75)
Insulation level: 12kV (28/75)
- Категория по температурному режиму: B
Temperature: cat. B
- Стандарт: МЭК 60289
Standard: IEC 60289

6.3. Inrush current reactor for capacitor banks

Inrush current reactors are required to limit the transient current produced in the connection of capacitors.



Type	A Ø [mm]	B Ø [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	Inserts Крепеж
Тип	[MM]	[MM]	[MM]	[MM]	[MM]	[MM]	
260	260	130	390	160	290	150	M12
330	330	150	470	190	355	210	M12/M16

Type ICR-260: / Тип ICR-260:

Reference Справочный документ	I [A]	L [uH]	Weight Масса [kg]
	I [A]	L [uH]	[кг]
ATB08036	50	350	13
ATB08037	60	250	14
ATB08038	100	100	16
ATB08039	125	50	14
ATB08040	175	30	14

Type ICR-330: / Тип ICR-330:

Reference Справочный документ	I [A]	L [uH]	Weight Масса [kg]
	I [A]	L [uH]	[кг]
ATB08041	60	450	20
ATB08042	75	350	21
ATB08043	90	250	26
ATB08044	125	100	22
ATB08045	200	50	22
ATB08046	250	30	23

7. Управление и защита батарей высоковольтных конденсаторов

7. Control and protection of H. V. capacitor banks

Обычно в электрических сетях подключение и отключение оборудования осуществляется через распределительное устройство. Как правило, коммутационная аппаратура отключает/подключает номинальный ток нагрузки. Однако иногда коммутация осуществляется при возникновении неисправности в подключенном оборудовании. В этом случае считается, что прерыватель сможет выдержать ток короткого замыкания в течение короткого времени. Однако для предотвращения какого-либо серьезного повреждения необходимо устранить причину неисправности с помощью любого подходящего устройства цепи.

Существует два типа распределительных устройств: один используется для подключения потребителя к сети (через прерыватели нагрузки), а второй - только для выключения оборудования в условиях нулевой нагрузки с целью проведения технического обслуживания или для отключения его от цепи. Устройства последнего типа называются разъединителями без нагрузки. В разделах, приведенных ниже, рассматриваются устройства защиты и коммутационные устройства, которые обычно используются в цепях силовых конденсаторов:

- **Высоковольтные предохранители с высокой отключающей способностью**

Предохранители HRC отличаются способностью прерывать токи утечки большой величины. Однако после срабатывания предохранителя, для возврата цепи в исходное состояние требуется замена плавких вставок на новые. Рекомендуется заменить все три предохранителя в цепи конденсаторов, даже в случае перегорания только одной плавкой вставки и отсутствия каких-либо внешних признаков повреждения у двух других. В соответствии со стандартом UNE-EN 60282-1 плавкий предохранитель определяется как: "устройство, прерывающее ток цепи, в случае превышения им заданного уровня в пределах заданного времени путем плавления одного или нескольких элементов".

Высоковольтные линейные предохранители HRC обычно устанавливаются в конденсаторные батареи с трехфазными конденсаторами, которые предназначены для электрических сетей напряжением до 12 кВ. Они устанавливаются дополнительно к внутренним предохранителям для обеспечения защиты каждого основного емкостного элемента. В комплект предохранителя входит монтажная плата и индикатор перегорания предохранителя. Предохранители защищают конденсаторную батарею и сеть от неисправностей, возникающих внутри конденсатора под действием гармоник или износа, короткого замыкания вне зоны действия реле защиты или неисправности любого другого подключенного компонента.

К сожалению, простых и четких инструкций для определения технических характеристик предохранителя пока не существует. При выборе типа и номинала предохранителя учитывается номинальная мощность конденсаторной батареи, уровень токов короткого замыкания в сети, напряжение, технические характеристики распределительного устройства, характеристики других параллельно подключенных батарей, величина индуктивности (реактора последовательного включения), имеющиеся размеры и номинал предохранителей и т.д.

Как правило, номинал предохранителя определяется по следующей формуле:

$$I(\text{предохр.}) = 1,5 \div 1,8 \times I_{\text{конд.}}$$

It is common for any electrical network that equipments are connected/disconnected through suitable switchgear. Normally the switching equipment has to interrupt/make rated load current, however sometimes the switching is taking place when there is a fault with the equipment being connected. In such cases the interrupter is expected to withstand the fault current for a short while. But before any damage happens the fault need to be cleared by any suitable device provided in the circuit.

There are two types of switching devices: one being used when the load is energized to the system (on load interrupters) and other is used only to isolate the equipment on no load condition for maintenance purposes or to keep it off the circuit. The latter is designated as off load isolators. We will discuss about the protection and switching devices normally used in power capacitor circuits:

- **High voltage HRC (High Rupturing Capability) Fuses**



HRC fuses are capable of interrupting large fault currents, however once the fuse operation is over for resetting the circuit fuse links need to be replaced with new ones. It is recommended that all the three fuses provided in the capacitor circuit to be replaced even if only one fuse link is blown and other two are not showing any external damages. Definition for fuse according to UNE-EN 60282-1 is: "Fuse is the device which interrupts the current in the circuit when it exceeds a predetermined level within a specified time limit through the melting of one or more of its elements."

High Voltage HRC line fuses are normally provided with capacitor banks assembled with three phase capacitor units, meant for power systems up to 12 kV. This is in addition to the internal fuse protection of each basic capacitor element. The fuse assembly is complete with its mounting base and fuse failure indication device. Fuses protect the capacitor bank and system from any defect developed inside the capacitor unit on account of harmonics or ageing, external short circuit or fault with any of the other connected components.

There is no easy fixed guideline for determining the fuse specifications or characteristics. Capacitor bank power rating, system short circuit level, voltage, characteristics of switchgear, nature of other parallel connected banks, value of inductor (series reactor), available sizes and rating of fuses etc. are taken in to account while selecting the type and rating of fuses.

As a thumb rule the fuse rating is determined using the following expression:

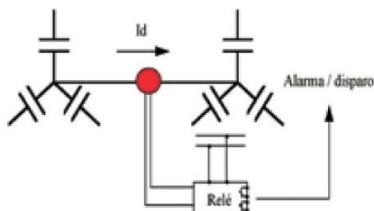
$$I(\text{fuse}) = 1,5 \div 1,8 \times I_{\text{cap.}}$$

• Реле и трансформаторы защиты от несбалансированного тока нулевой последовательности

В конденсаторной батарее с соединением двойной звездой с номинальным напряжением 12 кВ и выше и со сравнительно высокой выходной мощностью, защита батареи обеспечивается с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и связанного с ним реле защиты от несбалансированного тока нулевой последовательности. Как отмечалось выше, сборка батарей этого типа выполняется по схеме "двойная звезда" с объединением двух нейтралей в одну общую через трансформатор тока. Эта общая нейтраль наряду с трансформатором тока способствует выявлению несбалансированного тока, в случае его возникновения при работе конденсаторной батареи.

В случае возникновения неисправности в одном или нескольких емкостных элементах в какой-либо фазе в какой-либо группе, соединенной по схеме "двойная звезда", и срабатывания предохранителя, величина емкости поврежденной фазы в этой группе уменьшается. Поскольку нейтраль не заземлена, уменьшение емкости приведет к повышению напряжения в поврежденной фазе и к снижению в двух других исправных фазах. В результате этого произойдет смещение нейтрали конденсаторной батареи. В следствие этой разности сопротивления между двух "звезд", между двумя нейтралью возникнет ток, протекающий через трансформатор тока.

Общая величина несбалансированного тока будет пропорциональна количеству сработавших внутренних предохранителей. Рост напряжения в параллельно соединенных исправных элементах неисправной группы следует ограничить с целью предотвращения возможного повреждения исправных элементов. С учетом этого определяется величина допустимого тока нулевой последовательности и выполняется настройка реле защиты от несбалансированного тока нулевой последовательности на подачу аварийного сигнала или срабатывание автоматического выключателя. Способ соединения представлен ниже на схеме.



Напряжение между нейтральным и заземляющим проводом является низким. Номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока нулевой последовательности обычно равен 1/5, 2/5, 5/5.

Ниже приводится пример несбалансированного тока в конденсаторной батарее напряжением 20 кВ и с реактивной мощностью 2000 кВАр:

The next example show the unbalance current for a capacitor bank 2000 kvar / 20 kV:

Design total output: / Расчетная полная выходная мощность:	2200	kvar / кВАр
Design voltage: / Расчетное напряжение:	21	kV / кВ
Rated Network Voltage: / Номинальное напряжение сети:	20	kV / кВ
Rated output / Номинальная выходная мощность:	2000	kvar / кВАр
Rated current: / Номинальный ток:	57,73	A / А
Design output of each unit: / Расчетная выходная мощность каждого блока:	367	kvar / кВАр
Design voltage of units: / Расчетное напряжение блоков:	12,124	kV / кВ
Number of units in series: / Количество последовательно подключенных блоков:	1	
Number of elements in parallel per series group: / Количество параллельно подключенных элементов на каждую группу последовательно подключенных элементов:	1	

Внутренняя конфигурация каждого блока: / Internal Configuration of each unit:

Number of series groups in units: / Количество групп последовательно подключенных элементов в блоках:	6
Number of elements in parallel per series group: / Количество параллельно подключенных элементов на каждую группу последовательно подключенных элементов:	9

Количество перегоревших предохранителей в одном блоке / Number of blown fuses / unit /	1	2	3	4	5
Capacitance of fault unit (uF) / Емкость неисправного блока, мкФ	7,79	7,591	7,341	7,017	6,581
Loss of uF in fault unit % / Потери емкости в неисправном блоке, %	2,041	4,545	7,692	11,765	17,241
Fault phase capacitance (uF) / Емкость поврежденной фазы, мкФ	15,743	15,54	15,294	14,97	14,534
Voltage fault phase (V) / Напряжение поврежденной фазы, В	12,166	12,217	12,282	12,367	12,483
Несбалансированный ток нулевой последовательности, А / Umbalance Neutral Current (A)	0,31	0,69	1,18	1,82	2,69

Recommended adjustment for relay: / Рекомендуемые настройки реле:

Alarm current level: 0.6 A a 1 s. Trip current level: 1 A a 0.1 s

Аварийный уровень тока (срабатывание сигнализации): 0,6 А / 1 с. Уровень тока расцепления (срабатывание автоматического выключателя): 1 А / 0,1 с

• Neutral unbalance Current Transformer and relay

In double star connected capacitor bank, where the rated voltage is 12 kV and above and kvar output rating is comparatively large protection of bank is achieved through Neutral Current Transformer and associated neutral unbalance current relay. As discussed earlier, this type of bank is formed by two star connected banks (star groups) and the neutrals are joined through a C.T. to have a common neutral. The common neutral with C.T. helps detecting unbalance, if any occur, in the capacitor bank at any time while in service.

In case one or more capacitor elements in a phase of a star group, develops a fault and internal fuse operates, the capacitance value of faulty phase in that star group decreases. As the neutral is ungrounded, reduction in capacitance will result in voltage increase in the faulty phase and decrease in the other two healthy phases. This phenomenon makes the neutral of the capacitor bank to shift. This unbalance of impedances between stars drive a current between the two neutrals through the neutral C.T.

The amount of neutral unbalance current is proportional to the number of internal fuses operated. The voltage increase across the healthy parallel connected elements in the defective group need to be limited, otherwise it could lead to the failure of good elements. The permitted neutral current is determined on this basis and neutral unbalance current relay is set to initiate an alarm or trip of circuit breaker accordingly. The mode of connection is represented in the diagram below.

The voltage developed between neutral and ground is low voltage. The rated primary current of neutral C.T. is normally 1/5, 2/5, 5/5.

• Вакуумные контакторы, автоматические выключатели типа SF6 и разъединители

Выбор коммутирующего устройства для конденсаторной батареи следует выполнять с учетом следующих критериев:

- Устройство должно быть предназначено специально для конденсаторов и не допускать повторных зажигания. Повторные зажигания возникают при включении/выключении батареи под действием пускового тока и тока разряда. В отличие от другого оборудования включение/выключение конденсаторных батарей всегда происходит в режиме полной нагрузки, при этом батареи подвергаются воздействию перенапряжения и сверхтока.
- Для выключения батарей в режиме без нагрузки с целью отключения их от цепи по окончании работ или с целью проведения их технического обслуживания, предусмотрен расцепитель/разъединитель без нагрузки. С учетом выше указанных факторов номинальный ток коммутирующего устройства выбирается соразмерным непрерывному воздействию 10% перенапряжений и 30 % сверхтока:

$$I(\text{ном.}) = 1,3 \times 1,1 \times I_{\text{контд.}} = 1,43 \times I_{\text{контд.}}$$

• Вакуумный трехфазный контактор среднего напряжения

Вакуумные контакторы в основном используются для коммутации электродвигателей, трансформаторов, конденсаторов в линиях сети переменного тока. Они могут монтироваться в многосекционных щитах. В состав вакуумного контактора входят несколько сборочных узлов, таких как переключающий механизм, включающий в себя вакуумные прерыватели, электромагнитный привод, высокопрочную переднюю панель и вспомогательные устройства.

Устойчивый и эффективный режим работы обеспечивается с помощью вакуумных прерывателей, выполненных в форме трубки из высокоглиноземистой керамики, изготовленной методом вакуумирования в условиях высоких температур, и обладающей высокой механической прочностью. Механизм может срабатывать в режиме кратковременного или непрерывного возбуждения. Кроме того предусматриваются устройства, обеспечивающие защиту при включении и отключении.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

TECHNICAL CHARACTERISTICS:

- *Rated operation voltage*..... 6,6 kV
- *Rated voltage*..... 7,2 kV Ur
- *Rated operational current* 400 A Ie
- *Rated Frequency*..... 50/60Hz
- *Rated Short-time current*..... 2.4kA-30s/ 4kA-10s/
6kA-2s/6.3kA-1s/
8kA-0,5s/ 10kA-0,1s
- *Rated short time peak current*..... 60 kA peak - 0,5 cycle
- *Lifetime* 10.000 operations
- *Номинальное рабочее напряжение* - 6,6 кВ
- *Номинальное напряжение* - 7,2 кВ
- *Номинальный рабочий ток* - 400 А
- *Номинальная частота* - 50/60 Гц
- *Номинальный ток короткого замыкания* - 2,4 кА-30 с/ 4 кА -10 с/
6кА-2 с/6,3кА-1с/
8кА-0,5 с/ 10кА-0,1 с
- *Номинальный кратковременный максимальный ток* - 60 кА макс. с циклом 0,5
- *Ресурс* 10000 операций

Type Тип	Reference Справочный документ	Rated operation voltage Номинальное рабочее напряжение	Rated current Номинальный ток	Auxiliary voltage Вспомогательное напряжение
LVC-6Z44ED	ATB17006	6,6 kV c.a. / кВ	3 x 400 A	110 Vdc / В
LVC-6Z44ED	ATB17007	6,6 kV c.a. / кВ	3 x 400 A	220 Vac / В

• Vacuum Contactors, SF6 Circuit Breakes & Isolators

For selecting a switching device for capacitor bank following criteria are considered:

- The device should be capacitor duty type, means restriking free. Restrike occurs, when a bank is switched ON / OFF on account of inrush and discharge currents. Capacitor banks are always switched ON/OFF under full load condition unlike other equipments, and is subjected to over voltage and over current.
- For off load disconnection of banks for the purpose of keeping it, OFF the circuit when not required or for maintenance, OFF load disconnecter/isolator is provided. Considering the above factors the current rating of switching devices is selected to suit continuous 10% over voltages and 30 % over current:

$$I(\text{rated}) = 1,3 \times 1,1 \times I_{\text{cap.}} = 1,43 \times I_{\text{cap.}}$$

• Vacuum MV Three phase contactor

Vacuum contactors are mainly used for the switching of motors, transformers, capacitors in AC power lines. They can be installed in multi-stack cubicles. A vacuum contactor comprises several assemblies such as switching mechanism including vacuum interrupters, magnetic actuator, high strength molded front cover and auxiliary devices.

Stable and high operating cycle is executed by the vacuum interrupters made of high alumina ceramic tube which makes it possible to degas in a high temperature with excellent mechanical strength. Actuating is available either at instantaneous or continuous excitation. Functions for safety in connecting and disconnecting are also provided.



8. Выбор конденсаторных батарей: стандартные характеристики

8. Selection of capacitor banks: standard ratings.

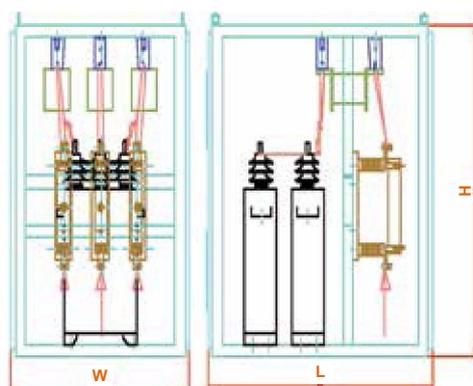
- Нерегулируемые батареи высоковольтных конденсаторов.
- Автоматические батареи высоковольтных конденсаторов.
- High Voltage Fixed Capacitor banks.
- High Voltage Automatic Capacitor banks.

Нерегулируемые конденсаторные батареи напряжением 5/6,6кВ с трехфазными конденсаторами

Fixed capacitor banks of 5/6,6 kV with 3 phase capacitor units

Reference Справочный документ	kvar кВАр	Units Кол-во блоков	Cond Условия	Figure Рис.	Dimensions (mm) Размеры, мм		
					L Д	W Ш	H В
ABATExxx0100	100	1	100	1	1320	920	1550
ABATExxx0125	125	1	125	1	1320	920	1550
ABATExxx0150	150	1	150	1	1320	920	1550
ABATExxx0200	200	1	200	1	1320	920	1550
ABATExxx0250	250	1	250	1	1320	920	1550
ABATExxx0300	300	1	300	1	1320	920	1550
ABATExxx0350	350	1	350	1	1320	920	1550
ABATExxx0400	400	1	400	1	1320	920	1550
ABATExxx0500	500	2	250	1	1320	920	1550
ABATExxx0600	600	2	300	1	1320	920	1550
ABATExxx0700	700	2	350	1	1320	920	1550
ABATExxx0900	900	3	300	1	1320	920	1550
ABATExxx1050	1050	3	350	1	1320	920	1550
ABATExxx1200	1200	3	400	1	1320	920	1550
ABATExxx1300	1300	4	325	1	1950	920	1550
ABATExxx1400	1400	4	350	1	1950	920	1550
ABATExxx1500	1500	4	375	1	1950	920	1550
ABATExxx1600	1600	4	400	1	1950	920	1550

xxx: for 5 kV = 050 for 6,5 kV = 066
 xxx: для 5 кВ = 050, для 6,5 кВ = 066



Нерегулируемые конденсаторные батареи напряжением 22 кВ с однофазными конденсаторами Fixed capacitor banks of 22 kV with single phase capacitor units

Reference Справочный документ	kvar кВАр	Units Кол-во блоков	Cond Условия	Figure Рис.	Dimensions (mm) Размеры, мм		
					L Д	W Ш	H В
ABATExxx0300	300	6	50	2	1330	1820	1620
ABATExxx0600	600	6	100	2	1330	1820	1620
ABATExxx0900	900	6	150	2	1330	1820	1620
ABATExxx1200	1200	6	200	2	1330	1820	1620
ABATExxx1500	1500	6	250	2	1330	1820	1620
ABATExxx1800	1800	6	300	2	1330	1820	1620
ABATExxx2100	2100	6	350	2	1330	1820	1620
ABATExxx2400	2400	6	400	2	1330	1820	1620
ABATExxx2700	2700	9	300	2	2170	1820	1880
ABATExxx3150	3150	9	350	2	2170	1820	1880
ABATExxx3600	3600	9	400	2	2170	1820	1880
ABATExxx4200	4200	12	350	2	2170	1820	1880
ABATExxx4800	4800	12	400	2	2170	1820	1880

xxx: for 20 kV = 200 for 22 kV = 220 / xxx: для 20 кВ = 200, для 22 кВ = 220

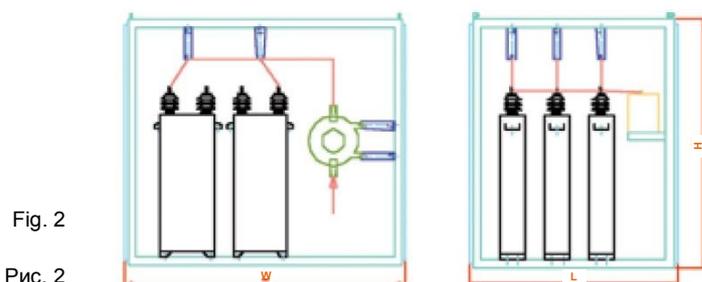


Fig. 2

Рис. 2

Нерегулируемые конденсаторные батареи напряжением 33 кВ с однофазными конденсаторами Fixed capacitor banks for 33 kV with single phase capacitor units

Reference Справочный документ	kvar кВАр	Units Кол-во блоков	Cond Условия	Figure Рис.	Dimensions (mm) Размеры, мм		
					L Д	W Ш	H В
ABATExxx0600	600	6	100	3	1820	2170	1880
ABATExxx0900	900	6	150	3	1820	2170	1880
ABATExxx1200	1200	6	200	3	1820	2170	1880
ABATExxx1500	1500	6	250	3	1820	2170	1880
ABATExxx1800	1800	6	300	3	1820	2170	1880
ABATExxx2100	2100	6	350	3	1820	2170	1880
ABATExxx2400	2400	6	400	3	1820	2170	1880
ABATExxx2700	2700	9	300	3	2490	2170	1880
ABATExxx3150	3150	9	350	3	2490	2170	1880
ABATExxx3600	3600	9	400	3	2490	2170	1880
ABATExxx4200	4200	12	350	3	2490	2170	1880
ABATExxx4800	4800	12	400	3	2490	2170	1880

xxx: for 30 kV = 300 for 33 kV = 330

xxx: для 30 кВ = 300, для 33 кВ = 330

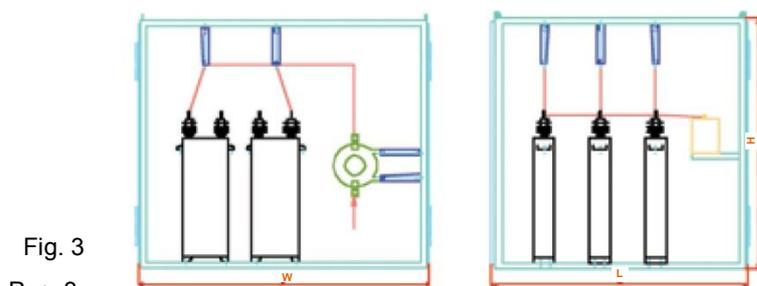


Fig. 3

Рис. 3:

Примечание: По вопросам разработки соответствующего технико-коммерческого предложения с учетом ваших требований в отношении автоматических конденсаторных батарей, обратитесь в технический отдел нашей компании.

Note: Contact our technical department for your requirement of automatic capacitor banks, to study and make a suitable techno-commercial offer.

Решения для улучшения качества электроэнергии

Solutions to improve the Electrical Energy



- ⊙ Offices and production plants / Офисы и производственные площадки
- Distributors / Дистрибьюторы

Distributor:/ Дистрибьютор



C/ Valles, 32 - Poligono Industrial Can Bernades
08130 Santa Perpètua de Mogoda, (Barcelona) SPAIN
(г. Барселона, Испания)

Тел.: (+34) 935 747 017, Факс: (+34) 935 448 433
Email: info@lifasa.com - Интернет: www.lifasa.com

Технические характеристики продукции LIFASA, приведенные в данном каталоге, могут изменяться по мере совершенствования продукции.

LIFASA specifications in this catalog are subject to change without notice due to continuous product development and improvement.