Lifasa
REACTIVE POWER SOLUTIONS

جبران سازی توان راکتیو
در شبکه فشار قوی

Reactive Power
Compensation of
High Voltage Power System

www.lifasa.ir

• بیش از ۶۵ سال تجربه

کمپانـــی International Capacitors S.A بـــا نـــام تجـــاری LIFASA در ســـال ۱۹۴۹ میـــلادی در اســـپانیا، شـــهر بارســـلونا تاســـیس گردیـــده و فعالیـــت خـــود را بـــر پایـــه ســـاخت تجهیـــزات برقـــی از قبیـــل خـــازن، راکتـــور، فیلترهـــای ضـــد هارمونیـــک، آنالایـــزر شـــبکه و ... بنـــا نهـــاده و همـــواره بهینـــه ســـازی مصرف انـــرژی را در رأس امـــور خـــود قـــرار داده اســـت و بـــه همیـــن دلیـــل عمـــده فعالیت خـــود را روی ســـاخت و بارگـــذاری تجهیـــزات مرتبـــط بـــا ایـــن هـــدف در صنایـــع بـــرق، نفـــت و گاز، پتـــرو شـــیمی، فـــولاد، ســـیمان و ... متمرکـــز نمـــوده اســـت.

ایـــن کمپانـــی از ســـال ۱۹۴۹ بیـــش از ۵۰ درصـــد محصـــولات خـــود را بـــه ۷۰ کشـــور در ۵ قـــاره صـــادر نمـــوده اســـت. محصـــولات ســـاخت ایـــن کمپانـــی بـــر اســـاس اســـتاندارد هـــای بیـــن المللـــی و اســـتاندارد اروپـــا ســـاخته مـــی شـــود. ایـــن کمپانـــی دارای گواهینامـــه هـــا و تاییدیـــه هـــای بســـیاری مـــی باشـــد.

• *More than 65 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 more than 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.

• محصولات با بالاترین استاندارد

International Capacitors S.A از ابتـدای تاسـیس، پیشـگام در ارتقـاء کیفیـت محصـولات بـوده اسـت. از سـال ۱۹۸۷، گواهینامـه ISO۹۰۰۰ ایـن کمپانـی به صورت دوره ای توسـط سـازمان هـای بین المللـی ارزیابی می گردد.

در حـال حاضـر، گواهینامـه هـای پنجگانـه ISO۹۰۰۱:۲۰۰۸، ISO۱۴۰۰۱:۲۰۰۴ ، OSHAS۱۸۰۰۱:۲۰۰۷ ، IECQC۰۸۰۰۰۰ROHS و REACH ، گـواه بـر تضمیـن محصـولات ایـن کمپانـی اسـت، ایـن محصـولات بـا محیـط زیسـت سـازگار و بـرای کارگـران، ایمـن و سـالم مـی باشـند. همچنیـن ایـن کمپانـی دارای گواهینامـه بهـره وری انـرژی ISO۵۰۰۰۱:۲۰۱۱ نیـز مـی باشـد.

• *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.

At present, it has quintuple certification ISO9001:2008, ISO14001:2004, 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

• خدمات جامع

ایـن شـرکت متعهـد بـه ارائـه بهتریـن خدمـات بـا حداکثـر انعطـاف پذیـری بـرای در نظـر گرفتـن تمامـی نیـا ز هـای مشـتریان مـی باشـد. ایـن خدمـات شـامل مـوارد زیـر اسـت :

- توصیه های اقتصادی و فنی
- پشتیبانی در نصب و راه اندازی
- پشتیبانی دائم در تمام طول عمر محصولات
- آموزش در محل و در کارخانه
- وارانتی بین المللی

به تمامی افراد در این کمپانی آموزش های لازم جهت دستیابی به اهداف مذکور داده شده است.

• *COMPREHENSIVE SERVICES*

The company is commited 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.
- Trainig on site and in factory.
- International warranty.

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

۱. جبران سازی در شبکه های فشار قوی	1. COMPENSATION OF HV SYSTEMS	5-6
• جبران سازی با خازن های فشار قوی در کجا انجام می شود ؟ • جبران سازی در طرف فشار قوی یا فشار ضعیف • مزایای نصب خازن	• Where to compensate with HV capacitors? • Compensation at HV side or LV side • Benefits of capacitor installation	
۲. جبران سازی در ترانسفورماتور های قدرت	2. COMPENSATION OF POWER TRANSFORMERS	7-8
۳. جبران سازی در موتور ها/ ژنراتورهای القائی	3. COMPENSATION OF MOTORS/ ASYNCHRONOUS GENERATORS	8-11
• خازن برای اتصال مستقیم به مصرف کننده • خازن برای اتصال موازی به مصرف کننده	• Capacitor for direct connection to machine • Capacitor for parallel connection to machine	
۴. خازن های قدرت فشار قوی	4. HIGH VOLTAGE POWER CAPACITORS	12-19
• عمومی • ساختار • ویژگی های فنی اصلی • اطلاعات فنی • مراجع استاندارد ها • انتخاب خازن ها بر اساس کاربرد · سه فاز · تک فاز	• General • Construction • Main technical characteristics • Technical data • Reference standards • Selection of capacitors according to application · Three phase · Single phase	
۵. بانک های خازنی فشار قوی ثابت و اتوماتیک	5. HIGH VOLTAGE CAPACITOR BANKS FIXED & AUTOMATIC	20-24
• بانک های خازنی با یونیت های ۳ فاز • بانک های خازنی با اتصال ستاره دوبل سه فاز • بانک های خازنی ثابت برای اتصال دائم • بانک های خازنی فشار قوی اتوماتیک	• Banks with 3 phase units • Three phase double star connection • Fixed capacitors banks (for permanent connection) • HV automatic power capacitor banks	
۶. راکتور محدود کننده جریان هجومی (سلف)	6. INRUSH CURRENT LIMITING REACTOR (Inductor)	25-27
• زمانی که فقط یک بانک خازن متصل است • بانک های خازن متصل شده به صورت موازی • راکتور جریان هجومی برای بانک های خازن	• When only one capacitor bank is connected • Parallel connected banks • Inrush current reactor for capacitor banks	
۷. کنترل و حفاظت در بانک های خازنی فشار قوی	7. CONTROL AND PROTECTION OF HV CAPACITOR BANKS	28-31
• فیوز های فشار قوی با قابلیت قطع سریع • ترانسفورماتور جریان عدم تعادل نوترال و رله • کنتاکتور های خلأ ، دیژنکتور های SF۶ و مقره ها	• High Voltage HRC (High Rupturing Capability) Fuses • Neutral unbalance current transformer and relay • Vacuum contactors, SF6 circuit breakers & isolators	
۸. انتخاب بانک های خازنی : درجه بندی های استاندارد	8. SELECTION OF CAPACITOR BANKS: STANDARD RATINGS	31-32
• بانک های خازنی فشار قوی ثابت · تا ۶/۶-۵ کیلو ولت با یونیت های خازنی سه فاز · تا ۲۲ کیلو ولت با یونیت های خازنی تک فاز · تا ۳۳ کیلو ولت با یونیت های خازنی تک فاز	• High Voltage fixed capacitor banks · of 5/6.6kV with 3 phase capacitor units · of 22kV with single phase capacitor units · of 33kV with single phase capacitor units	

۱.جبران سازی در شبکه برق فشار قوی

1. Compensation of H.V. systems

۱.۱. جایی که جبران سازی با خازن های فشار قوی نیاز است

جبران سازی در سیستم های قدرتی که برای توزیع برق و یا تغذیه ماشین های فشار قوی استفاده می شود بسیار توصیه می شود، در حالی که مصرف کننده می تواند به یک سود برگشتی که بر روی آن سرمایه گزاری کرده در مدت کوتاه برسد خازن های فشار قوی زمانی برای سیستم های قدرتی معنا دار هستند که ولتاژ شبکه از یک کیلو ولت بالاتر می باشد. (خدمات عمومی شبکه برق فشار قوی)

۲.۱. جبران سازی در طرف فشار قوی یا فشار ضعیف

در صنایع و تجهیزاتی که با برق فشار ضعیف کار می کنند اما برق آنها از شبکه فشار قوی تامین می شود، همیشه این شک وجود دارد که در سمت فشار قوی جبران سازی انجام شود یا در سمت فشار ضعیف. برای محاسبه نیاز توان راکتیو، لازم است که مصرف توان راکتیو شبکه را بدانیم. اگر نیاز توان راکتیو بالا باشد، توصیه میشود که جبران سازی در سمت فشار قوی انجام شود.
در مواردی که نیاز توان راکتیو کمتر از یک مگاوار باشد، جبران سازی در سمت فشار قوی پیشنهاد می شود.

به هر حال، جبران سازی به طور معمول در سمت فشار ضعیف انجام می شود. جبران سازی در فشار ضعیف در شبکه توزیع سیستم فشار ضعیف و جبران سازی در فشار قوی در پست ها و یا مراکز با بار ولتاژ بالا انجام می گیرد.

در مجموع داشتن یک نوع جبران سازی توصیه نمی شود. در شبکه فشار قوی، بدست آوردن یک الگوی پایدار از تغییرات کیلو وار مشکل است. در صورتی که در سمت فشار ضعیف نصب کیلووار زیاد، هزینه بالاتری نیاز است.

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:

- *Cement factories.*
- *Electric arc furnace installations.*
- *Chemical and petro-chemical plants.*
- *Water pumping stations.*
- *H.V. motor control centres.*
- *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.*

بعضی نمونه ها عبارتند از:

- کارخانه های سیمان
- نصب در کوره القایی الکتریکی
- پتروشیمی و نفتی
- ایستگاه های پمپاژ آب
- مرکز کنترل موتور های فشار قوی
- کارخانه های تصفیه آب. کارخانه های آب شیرین
- نیروگاه های بادی
- فرودگاه
- ایستگاه های تولید برق در سطح کلان و مقیاس کوچک
- پست های برق / مرکز انتقال برق فشار قوی
- واحد های ساخت کاغذ
- شرکت های توزیع برق
- به طور کلی در صنایع بزرگ

1.2. Compensation at H.V. side or L.V. 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 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 installa-

در هــر دو نــوع لازم اســت یــک مقــدار بهینــه از ضریــب قــدرت را بــا نصــب اقتصادی خازن فراهم کنید.
نصب خازن می تواند به صورت ثابت یا اتوماتیک باشد.

۳.۱. مزایای نصب خازن

کمکی که با کاهش مصرف توان راکتیو القایی صورت می گیرد عبارت است از:

• کاهش زیان برای ضریب توان در قبض برق

مزیت های فنی:
• افزایش توان اکتیو خروجی از ترانسفورماتور قدرت
• کاهش تلفات توان در کابل ها و هادی ها در کاهش جریان
• کاهش جریان، طول عمر سوئیچگیر ها و کابل های متصل را افزایش می دهد
• ولتاژ انتهای خط بهبود می یابد. در این حالت توصیه می شود که خازن ها را در انتهای بار یا نزدیک نقطه مصرف انرژی متصل کنید
• با جبران سازی با خازن های فشار قوی در سایت های تولید کننده هارمونیک میتوان هارمونیک های موجود در سیستم های فشار ضعیف را کاهش داد

tion 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.

۲. جبران سازی در ترانسفورماتور های قدرت

2. Compensation of power transformers

ترانسفورماتور های قدرت یکی از مصرف کننده های عمده توان راکتیو هستند و نصب خازن ها با ترانسفورماتور های قدرت دارای مزیت های فنی بالایی می باشند.

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.

برای محاسبه مقدار کلی تلفات توان راکتیو باید جریان مغناطیسی را در نظر بگیریم، که به طور کلی حالت بی باری تا شرایط نامی جریان مغناطیسی ثابت دارد و در حالت بی باری ترانسفورماتور ثابت است و با توجه به شرایط بار وابسته به حالت های باری ترانسفورماتور است. ترانسفورماتور ها همچنین توان راکتیو بار ها را تامین می کنند، که البته به تغییرات بار وابسته است.

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.

جدول جبران سازی ثابت برای ترانسفورماتور های قدرت فشار قوی

TABLE FOR FIXED COMPENSATION OF H.V.POWER TRANSFORMERS.

Power rating MVA	Primary voltage kV	secondary voltage kV	Short circuit power Ucc %	Capacitor power for no load compensation kvar	Capacitor power for on load compensation kvar
2500	20 a 30	3 a 16	6,5	45	149
3150	20 a 30	3 a 16	7	57	198
4000	20 a 30	3 a 16	7	72	251
5000	20 a 30	3 a 16	7,5	90	330
6300	10 a 36	3 a 20	8,1	114	440
8000	10 a 36	3 a 20	8,4	144	574
10000	10 a 36	3 a 20	8,9	180	750
12500	10 a 36	3 a 20	9	225	945
16000	45 a 66	3 a 20	9,3	288	1240
20000	45 a 66	3 a 20	9,4	360	1563
25000	45 a 66	3 a 20	9,7	450	2002
31500	45 a 66	3 a 20	11	567	2785
40000	45 a 66	3 a 20	12	720	3792

These value are indicative

انتزاعی / *Abstract:*

$$Q = S \cdot I + I \left[\frac{S}{S} \right] \cdot S$$

فرمول بالا برای بدست آوردن توان راکتیو بار مصرف شده ترانسفورماتور ها استفاده می شود که در آن:
Qt: توان راکتیو کلی
Sn: توان نامی ترانسفورماتور
Lo: جریان بی باری
Ucc: ولتاژ ظاهری
S: بار نامی ترانسفورماتور
این توان شامل دو بخش است:
بخش اول (Sn.Io) که ثابت است و به جریان مغناطیسی بستگی دارد و معمولا بین ۰,۵ تا ۲,۵ درصد قدرت نامی ترانسفورماتور می باشد. بخش دوم متناسب با مجذور توان ترانسفورماتور (بار) در هر زمان می باشد. توان راکتیو مصرف شده کلی یک ترانسفورماتور توزیع تقریبا ۱۰ درصد از کل بار می باشد.
سازنده های ترانسفورماتور توصیه می کنند که خازن های با توان نامی (کیلو وار) بیشتر از ۱۵ درصد کل بار توان نامی (کیلو ولت آمپر) ترانسفورماتور را، به صورت دائمی برای جبران سازی ثابت متصل نکنند. این کار برای جلوگیری از صدمه به ترانسفورماتور ها می باشد، در این صورت برای مدت طولانی در شرایط بی باری نگهداری می شود.

Above formula is used to calculate the reactive power consumption of a transformer where
Qt : Total reactive power
Sn : Power rating of transformer
Io : No load current
Ucc : Impedance voltage
S : Actual load on transformer.
This power consists of two parts:
First part (Sn. Io) is constant,depending upon the magnetising current, and this is almost 0,5 to 2,5% of the power rating of transformer. The second part is proportional to the square of power (load) on the transformer at any time. Total reactive power consumption of a distribution transformer is around 10% of full load.
Transformer manufacturers recommend, not to connect capacitors of power rating (kvar) more than 15% of full load power rating (kVA) of transformer, as permanent fixed compensation. This is to avoid possible damage to the transformer, in case it is kept energised for a long period in no load condition.

۳. جبران سازی در موتور ها / ژنراتورهای آسنکرون

3. Compensation of motors/asynchronous generators

حالت دیگر از بار هایی که عمدتاً به شبکه فشار قوی متصل هستند، موتور ها / ژنراتور های آسنکرون می باشند. این یک نصب مهم می باشد و در نصب، عملکرد و نگهداری دقت زیادی لازم است. برای جبران سازی توان راکتیو در این نوع از بار هایی که به شبکه فشار قوی متصل می باشند، سه را وجود دارد:

خازنی که به ترمینال های ماشین متصل می شود
خازنی که به طور موازی به ماشین متصل می شود
جبران سازی گروهی - اتوماتیک

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

سرمایه گزاری اولیه در این نوع از ماشین ها، بستگی به حساب کنترل های مختلف مرتبط و سیستم های محافظت شده دارد، تا با تجهیزات پایه ای گنجانیده شوند. این طرح مناسب برای جبران سازی توان راکتیو می باشد که عملکرد آن قابل دوام و اقتصادی می باشد.
خازن متصل شده به یک ماشین چرخشی با یک پدیده ویژه به اسم خود القاء شده مواجه می شود. زمانی که یک ماشین از تأمین کننده نیرویش جدا می شود، برای مدتی به چرخش به خاطر اینرسی ادامه می دهد. جریان تخلیه از خازن، جریان محرک را تولید می کند و این باعث بالا رفتن ولتاژ ژنراتور می شود. ولتاژ بالا تولید شده به وسیله این پدیده، هم برای ماشین و هم برای خازن مضر می باشد.

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.

در ماشین های با جریان متناوب، توان راکتیو بین ۳۰ تا ۴۰ درصد قدرت نامی آن ها می باشد بنابراین یک مصرف کننده مهم توان راکتیو در سیستم می باشند. معمولا اصلاح ضریب قدرت این نوع از تجهیزات با اتصال مستقیم یک بانک خازن مناسب به ترمینال موتور انجام می شود.

سوئیچگیر، کنترل ها و حفاظت از عملکرد ماشین را هم برای خازن و هم برای ماشین به طور همزمان انجام می دهد. این روش رایج ترین و اقتصادی ترین راه برای جبران سازی توان راکتیو ماشین های دوار می باشد. به هر حال برای امکان بیشتر در عملکرد و نگهداری از خازن، باید به ترمینال های ماشین و یا شینه ها در تابلو برق متصل شده باشد. بسته به نوع انتخاب، اجرایی خواهد شد.

زمانی که تعدادی از موتور ها به یک شینه، در یک مرکز کنترل موتور متصل می باشند، همانند فشار ضعیف بهترین روش نصب یک پنل اتوماتیک اصلاح ضریب قدرت فشار قوی می باشد. در این حالت، یک بانک خازن، با توان نامی (کیلو وار) مشخص شده بوسیله موتور های مختلف متصل شده به سیستم و بیشترین تعداد موتور هایی که در هر زمان انرژی دار باقی مانده، انتخاب شده اند. بانک خازن به پله هایی مساوی یا نا مساوی کیلو وار بستگی به شرایط بار تقیسم می شود. پله های خازن به صورت اتوماتیک داخل یا خارج می شوند. تفاوت بین این نوع از نصب و باقی در سرمایه گزاری اولیه بالا می باشد. اگر چه با جبران سازی دقیق و موثر، در دراز مدت این امر سودمندتر است.

In A.C. 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.

خازن برای اتصال مستقیم به سراسر ترمنیال های ماشین

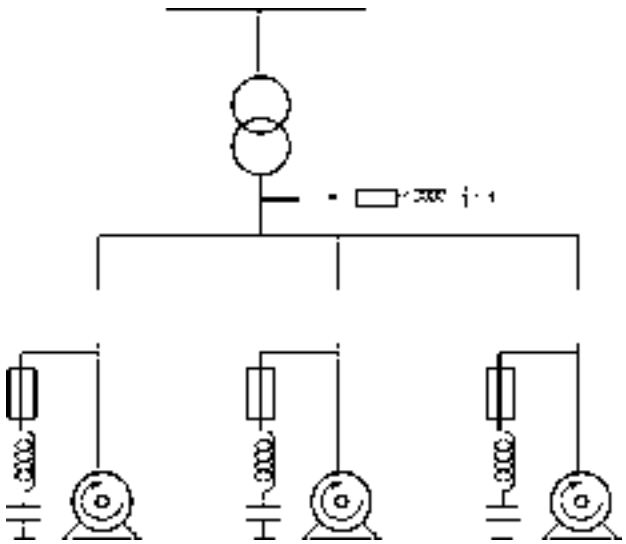
Capacitor for direct connection across machine terminals

شکل نحوه اتصال را نشان می دهد. کنترل و حفاظت برای موتور ها همانند خازن ها رایج می باشد. در این حالت ما باید محدودیت Ic<Io (جریان بدون بار موتور) را در نظر بگیریم. بنابراین کمترین احتمال برای خود القایی وجود دارد.
حداکثر قدرت مجاز (کیلو وار) یک خازن با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$Q_m \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$
$Q_m \leq 2 \times P_n \times (1-\cos\varphi i)$
(Q_m is normally 40%-30% of P_n depending on cosφ which is 0,8 - 0,85)

برای Cosϕ ماکسیموم، که موتوری منحصر به فرد داشته باشیم از ۰,۹۵ استفاده می کنیم.

Q_m = *Capacitor power max. in kvar*	حداکثر توان خازن به کیلووار
I_0 = *No load current of motor (A)*	جریان بدون بار موتور
U_n =*Nominal voltage (V)*	ولتاژ نامی
P_n: *Rated power of motor (kW)*	توان نامی موتور
cosφi: Initial p.f.	ضریب قدرت اولیه



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 Ic ≤ Io (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:

$Q_m \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3}$
$Q_m \leq 2 \times P_n \times (1-\cos\varphi i)$
(Q_m is normally 40%-30% of P_n depending on cosφ which is 0,8 - 0,85)

With this cosφ 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)*
cosφi: Initial p.f.

Motor Rating (kW)	Cos φ initial Cos φ initial of motor (0,8)			Cos φ initial Cos φ initial of motor (0,85)		
	Cos φ final 0,95	0,96	0,98	Cos φ final 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

نوشته های به رنگ آبی، مقدار کیلووار خازن هایی هستند که به ترمینال های موتور برای بدست آوردن ضریب قدرت نهایی نشان داده شده با کمترین احتمال خود القایی متصل می شوند.

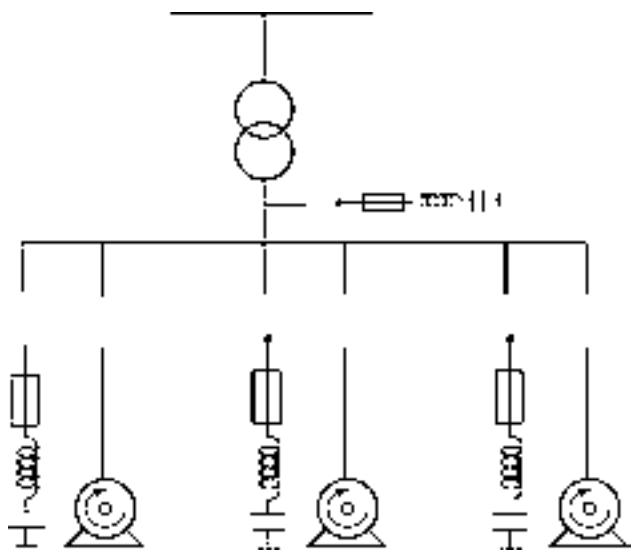
Figures in blue is kvar value of capacitor to be connected to motor terminals to get final p.f indicated with minimum chance of auto-excitation.

خازن برای اتصال موازی به ماشین

Capacitor for parallel connection to machine

در این نوع از اتصال، ما حالت های احتمالی خود القایی را تخمین می زنیم و یک ضریب قدرت نزدیک به یک ممکن می شود. عملکرد و محافظت دستگاه ها، برای موتور و بانک خازن مجزا می باشند. به این ترتیب، عملکرد موتور و خازن مستقل می باشد و در صورتیکه بانک خازن نیاز داشته باشد وارد یا خارج می کند. بانک خازن بعد از دادن زمان کافی برای تخلیه، دوباره متصل می شود. هیچ نیازی به خارج نگه داشتن موتور در زمان تعمیر بانک های خازن نمی باشد. توان نامی (مقدار کیلو وار) یک بانک خازن از طریق این فرمول بدست می آید:

$$Qm = Pn \times (tg\varphi incial - tg\varphi final)$$



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:

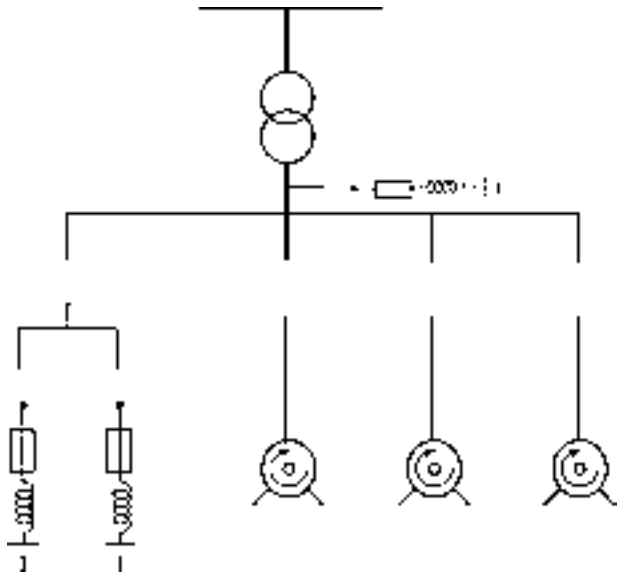
$$Qm = Pn \times (tg\varphi incial - tg\varphi final)$$

جبران سازی گروهی - اتوماتیک

روش مدرن جبران سازی برای گروهی از موتور ها در یک مرکز کنترل موتور، اصلاح ضریب قدرت اتوماتیک می باشد. در این روش، ضریب قدرت سیستم بوسیله یک کنترل کننده با یک بانک خازن با ابعاد و قدرت نامی به یک ضریب قدرت بهینه، بهبود می یابد. ضریب قدرت در یک مقدار از پیش تعیین شده بوسیله اضافه / کم کردن پله های خازنی دارای اختلاف در بار متصل شده حفظ می شود.

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.



جدول زیر مقدار کیلو وار خازن برای موتور های آسنکرون با توجه به کیلو وات نامی و سرعت (دور در دقیقه) آنها را نشان می دهد.

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

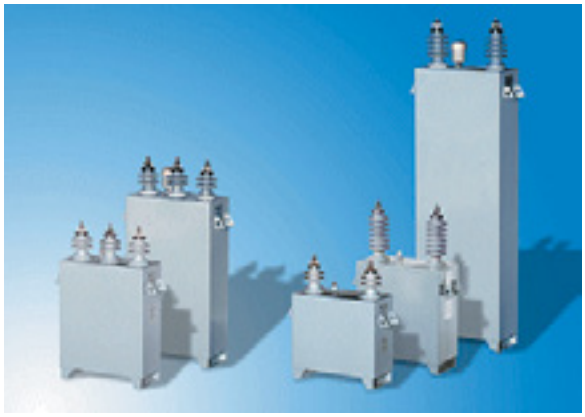
Power Nominal		***Speed of the machine in r.p.m.***			
kW	CV	3000	1500	1000	750
130	177	33	39	46	52
150	204	38	45	53	60
170	231	43	51	60	68
280	381	70	84	98	112
330	449	83	99	116	132
400	544	100	120	140	160
500	680	125	150	175	200
1000	1360	250	300	350	400
1400	1903	350	420	490	560
1700	2311	425	510	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

خازن های قدرت
فشار قوی

High Voltage
Power Capacitors

۴. خازن های فشار قوی لیفاسا

4. LIFASA high voltage power capacitors



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:

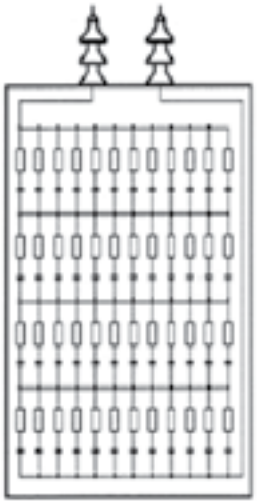
• Single phase (one or two bushings) capacitor units with internal element fuses suitable for connection to power system net work of 11 kV and above or with high voltage high power machines.

• 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.

به طور کلی

یونیت خازن های فشار قوی برای اصلاح ضریب قدرت و فیلتر های هارمونیکی در محفظه فولادی ضد زنگ که دارای بوشینگ های پرسلین می باشند.

معمولا دو نوع وجود دارند:
• یونیت خازنی تک فاز (یک یا دو بوشینگ) با فیوز داخلی که مناسب برای نصب در شبکه برق ۱۱ کیلو ولت و بالاتر و یا ماشین های با توان بالای فشار قوی می باشند.
• یونیت خازنی سه فاز (سه بوشینگ) با فیوز داخلی که برای نصب به شینه های سیستم قدرت یا تجهیزات با ولتاژ نامی کمتر از ۱۱ کیلو ولت می باشند.



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" tecnology. Capacitor elements are wound with biaxially oriented hazy polypropylene film of low losses and extented 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, incase 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.

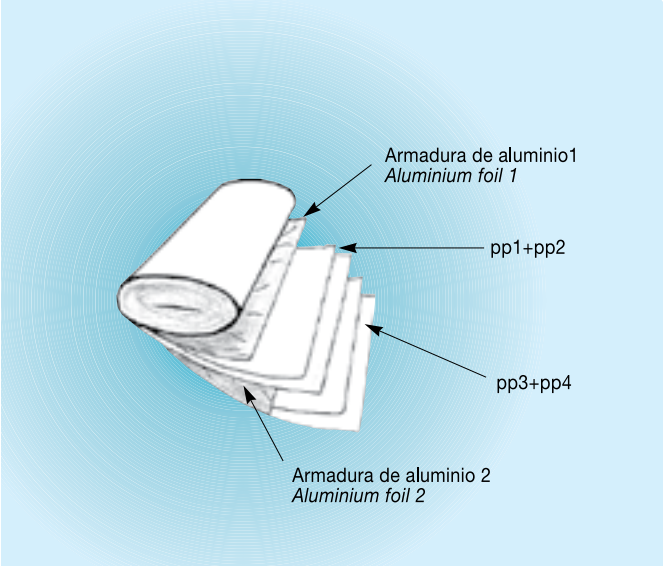
ساختار

ساختار داخلی یک یونیت خازنی از گروهی از عنصر های خازن تک فاز با ظرفیت مناسب تشکیل شده است. تعدادی از این عنصر ها به صورت سری - موازی متصل می باشند تا قدرت و ولتاژ نامی طراحی شده به دست آید.
گروهی از عنصر ها به صورت سری متصل شده تا ولتاژ نامی را تعیین و تعدادی از عنصر های موازی در یک گروه سری توان راکتیو (کیلو وار) نامی یونیت خازنی را تعیین می کنند.

یونیت های خازنی با تکنولوژی «All Film» ساخته می شوند. المان های خازن با فیلم پلی پروپیلن با کمترین تلفات و فویل های آلومینیومی با طول زیاد پیچیده می شوند. این تکنولوژی جایگزین «Paper-Film» قبلی (دی الکتریک مخلوط) خازن ها برای کم کردن قابل توجه تلفات در دی الکتریک می باشد. تلفات خازن ها کمتر از ۰/۱۵ وات بر کیلو وار هستند و علاوه بر آن، در صورت اتصال کوتاه در مدار های داخلی خطر قطع شدن و انفجار از بین می رود. در خازن های سنتی، سطح تولید گاز های غیر طبیعی کاغذ تا حد خطرناکی بالا می رفت.

سطح فیلم پروپیلن زبر است تا تزریق روغن در فیلم داخلی و لایه های فویل سریع تر و با تاثیر بیشتر در زمان اشباع سازی انجام شود و این امر باعث کاهش قابل توجه زمان ساخت می شود.
خمیدگی فویل آلومینیومی داخل عنصر توسط لیزر بریده شده تا آن را صاف و بدون نقاط تیز باشد (که به طور معمول بخاطر لبه های بریده شده فویل تیغه ای وجود دارد). بنابراین میدان الکتریکی در گوشه کاهش یابد تا سطح ولتاژ کرونا کاهش یابد. یونیت های خازن تحمل بالاتری در برابر اضافه ولتاژ و حالت گذرا را دارند.

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 incase of blade cut foil edges). Thus the electric field at edge is reduced to increse the corona inception voltage level. Capacitor units have better withstand capability against over voltages and transients.



مشخصات فنی اصلی

گارانتی لیفاسا با توجه به استاندارد های توصیه شده در IEC۶۰۸۷۱-۱:۱۹۹۷ می باشد.
قابلیت تحمل ۱۰ درصد اضافه ولتاژ (۱,۱۰xUn) برای ۱۲ ساعت در هر ۲۴ ساعت
قابلیت تحمل ۳۰ درصد اضافه جریان (۱,۳xIn) به طور مداوم

توانایی تحمل اضافه بار که در بالا گفته شد برای تحمل تغییرات ولتاژ و هارمونیک هایی که در شبکه برق موجود است، می باشد.

مایع مورد استفاده برای اشباع ، از SAS-۴۰E و M/DBT است، روغن های خازن از نوع بدون کلر قابل تجزیه می باشند و توانایی تحمل بالایی در برابر تخلیه های جزئی دارند.

در یونیت های خازنی مقاومت های تخلیه داخلی قرار داده شده است تا ولتاژ باقی مانده را از پیک √۲.Un به ۷۵ ولت در مدت ۱۰ دقیقه مطابق با استاندارد IEC بعد از قطع شدن از شبکه برق کاهش دهند .

فیوز داخلی در یونیت خازن برای هر یک از المان ها قرار داده شده است، تا المان را از مدار در بدترین حالت در صورت به وجود آمدن یک نقص کوچک یا اضافه جریان قطع کند و یونیت خازنی با یک المان کمتر به کار خود ادامه می دهد. اگر در گروه سری یک المان در حال کار، یک نقص به وجود بیاید در زمانی که جریان صفر است (ولتاژ بالا باشد) به دلیل تخلیه انرژی از باقی عنصر های موازی متصل به گروه، فیوز المان خراب از مدار خارج می شود. در اکثر مواقع عملکرد فیوز در این حالت قرار می گیرد. اگرچه زمانی که جریان زیاد است نقص در المان رخ می دهد (ولتاژ صفر باشد) تمامی جریان خازن از طریق المان معیوب از سیستم می گذرد و فیوز به نحوی عمل می کند که نمی تواند در برابر اضافه جریان مقاومت کند.

از دست دادن یک المان توان خروجی یونیت را تقریبا بین ۲ تا ۴ درصد خروجی حالت عادی کاهش می دهد، در نتیجه یونیت به کار عادی خود ادامه می دهد و عمر خازن افزایش می یابد. در صورت بروز عیب می توان در تعمیرات و نگهداری بعدی عملیات اصلاح صورت گیرد.

Main Technical Characteristics

Based on the recommendations given in IEC: 60871-1:1997, LIFASA guarantees.
10% over voltage (1,10xUn) withstand capability for 12 hours in every 24 hours.
30% over current (1,3xIn) 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 √2 ·Un to 75 V within 10 minutes according to the recommendation in IEC after dis-connection 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.

تمامی پیشرفت ها، نتیجه استفاده از تکنولوژی پیشرفته در زمینه خازن و تحقیق و توسعه منظم می باشند و محصولی قابل اطمینان و ثابت برای مقاومت در تست های مشکل لابراتور ها ساخته می شود.

علاوه بر آن با رنج استاندارد کیلو وار و ولتاژ نامی یونیت های زیاد، قابلیت ساختن و عرضه یونیت هایی با هر خروجی و ولتاژ نامی مطابق با نیاز های مشتری به صورت ۲۵ - ۶۰۰ کیلو وار، یونیت های هم تک فاز و هم سه فاز با فیوز داخلی وجود دارد.
مطابق با استاندارد IEC۶۰۸۷۱ تلرانس کیلو وار خروجی ۵-/۱۰+ درصد خطا (تغییرات) می باشد.

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.

مشخصات فنی / Technical Data

Rated voltage (Un):	Three phase 1 – 12 KV single phase 1 – 24 KV
Power output (kvar)	25 – 500 kvar for three phase units 25 – 600 kvar for single phase units
Frequency:	50/60 Hz
Reference standards:	IEC 60871-1:1997 EN 60871-1:1997 IEC 60871-4 :1997 EN 60871-4 :1997
Over voltage Max.:	Un +10 % (12 hours in 24 hours daily) Un + 15 % (30 minutes) Un + 20 % (5 minutes) Un + 30 % (1 minutes)
Over current (according to standard):	1,3 * In
Tolerance:	-5 / +10%
Test Votage, (between terminals):	4,3* Un DC 10 s, or 2,15* Un AC 10 s
Test Voltage, (between terminals and container):	As per the table in IEC standard for 10 s
Limit of inrush current:	max. 100xIn
Dielectric loss:	0,07 W / kvar
Capacitor losses (approx.):	0,15 W / kvar (with resistors & internal fuses)
Basic insulation level:	20/60 kV; 28/75 kV; 38/95 kV; 50/125 kV; 70/170 kV
Life expectation	>100 000 hours
Nivel IP de Protección:	IP 00, indoor and outdoor
Temperature Category:	"C" -40° / maximum of 50°
Type of cooling	Air Natural
Humidity	maximum 95 %
Altitude of site:	1 000 m above mean sea level
Mounting:	Horizontal/Vertical
Mounting arrangement:	Mounting brackets
Device for internal protection:	Internal element fuse
Device for external protection:	Pressure sensor, NO+NC contact (optional)
Container:	Stainless steel
Dielectric:	Polypropylene film
Impregnant:	Non- PCB, biodegradable
Terminal bushing:	Porcelain
Discharge Resistence :	Provided – Residual voltage 75 V in 10 min
Recommended tighten M12:	10 Nm
Recommended tighten M10:	7 Nm (earth)

مراجع استاندارد ها

خازن های لیفاسا مطابق هستند با :

Reference Standards

Lifasa Capacitors conforms to:

IEC 60871-1 & 2.
IEC 593

جدول سطح پایه عایقی / Basic Isulation Level (BIL) Table

حداکثر ولتاژ سیستم برای تایید مشخصات خازن ها *Tests*	*Maximum system voltage for capacitors conforming to the specification* *Basic Insulation Level (kV)*				
	7,2	12	17,5	24	36
Power frequency, test voltage kV . 50 Hz 1 min.	20	28	38	50	70
Impulse Level, 1,2kV / 50 µs	60	75	95	125	170
Creepage distance (mm)	140	190	300	435	600
Type of Capacitor					
Single phase	x	x	x	x	x
Three phase	x	x			

شرایط آب و هوایی کارکرد مطابق با استاندارد IEC۶۰۸۷۱

Ambient air condition for operation according to IEC: 60871

AMBIENT AIR TEMPERATURE (°C)			
Symbol	*Temperature maximum*	*Highest mean over any period of 24 hours*	*Highest mean over any period of 1 year*
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

تست های روتین بر روی یونیت های خاص:

تست ها بر روی هر یک از یونیت های تولید شده در محل کار ما طبق IEC۶۰۸۷۱ انجام شده اند.

خازن ها:

- تست آب بندی
- اندازه گیری ظرفیت
- اندازه گیری تانژانت دلتا (تلفات) خازن
- تست فشار قوی بین ترمینال ها
- تست بر روی دستگاه تخلیه داخلی
- تست تخلیه بر روی فیوز داخلی
- تست فشار قوی فرکانس قدرت بین ترمینال ها و محفظه

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.*

انتخاب خازن ها بر اساس نوع کاربرد
Selection of Capacitors according to application

مشخصات عمومی / جدول (به طور خلاصه) / General Characteristics/ Table (in brief)

	Three phase	*Single phase*
Type	AT…	AM… / AS…
Power output *Voltage rating*	25 – 500 kvar 1,0 – 11,0 kV	25 – 600 kvar 1,0 – 24,0 kV (*)
Highest system Voltage	7,2 – 12 kV	7,2 – 12 – 17,5.- 24 – 36 kV
Residual voltage and time	*75 V/10 minutes* *(IEC: 871)*	*75 V/10 minutes* *(IEC: 871)*
Impregnant	SAS-40E / M/DBT (JARYLEC C101)	SAS-40E / M/DBT (JARYLEC C101)
Internal connection	*Star*	*Single phase*

(*) See the table in page 17.*

سه فاز / *Three phase*

جدول. ۱ خازن های سه فاز ۳،۳ کیلو ولت ۵۰ هرتز – اتصال داخلی ستاره – سطح عایقی ۲۸/۷۵kV

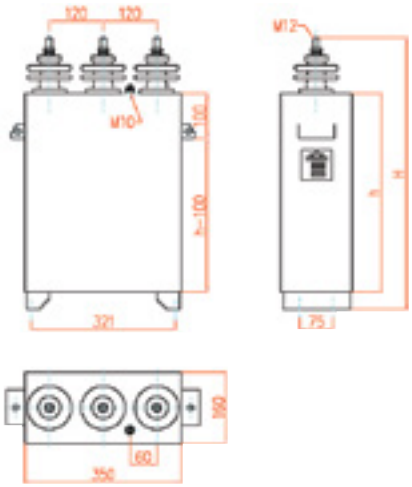
*Tab. 1 Three phase capacitors 3,3 kV 50 Hz – Internal connection -Y BIL: **28/75 kV***

Reference	*Power* [kvar]	*Capacitance (line)* [µF]	*Height (mm)* h	H	*Weight* [kg]	*Figure* No.
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

جدول. ۲ خازن های سه فاز ۶،۳ کیلو ولت ۵۰ هرتز – اتصال داخلی ستاره – سطح عایقی ۲۸/۷۵kV

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

Reference	*Power* [kvar]	*Capacitance (line)* [µF]	*Height (mm)* h	H	*Weight* [kg]	*Figure* No.
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



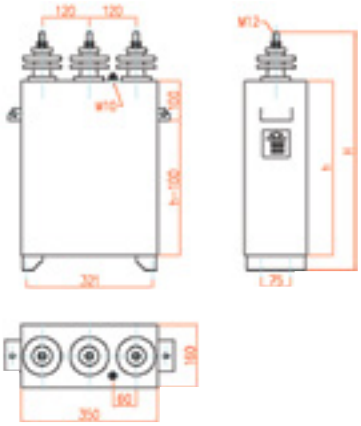
ابعاد / *Dimensions*
Figure 1

جدول. ۳ یونیت های خازنی سه فاز ۶،۶ کیلو ولت ۵۰ هرتز – اتصال داخلی ستاره – سطح عایقی ۲۸/۷۵kV

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

Reference	Power [kvar]	Capacitance (line) [µF]	Height (mm) h	H	Weight [kg]	Figure 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

For other ratings, consult technical department of our works.



ابعاد / *Dimensions*
Figure 1

یونیت های تک فاز با فیوز داخلی / *Single phase units with internal fuses:*

همانطور که قبلا توضیح داده شد، فیوز داخلی از خرابی کلی یونیت خازن در برابر قطع شدن و انفجار محافظت می کند. بنابراین توصیه می شود که یونیت های خازنی که دارای حفاظت فیوز داخلی باشند را انتخاب کنید. جدول زیر درجه بندی یونیت های خازنی را نشان می دهد که به طور معمول دارای فیوز داخلی می باشند.

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:

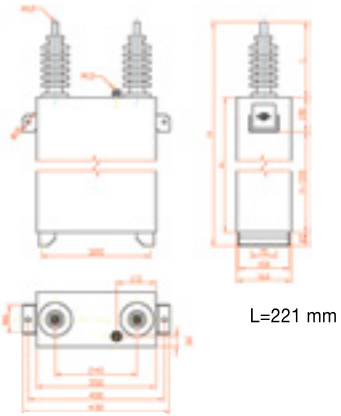
Rated Voltage [kV]	Single Phase Capacitor Power units with internal Fuse 50 kvar	75 kvar	100 kvar	150 kvar	200 kvar	250 kvar	300 kvar	350 kvar	400 kvar	450 kvar	500 kvar	550 kvar	600 kvar
2,4													
3,3	-												
4,2	-	-											
5,2	-	-											
6,3	-	-											
6,6	-	-											
7,35	-	-	-										
8,9	-	-	-										
10.3	-	-	-	-									
11	-	-	-	-									
12,5	-	-	-	-									
15,1	-	-	-	-	-								

تک فاز / *Single phase*

جدول. ۴ یونیت های خازنی تک فاز ۸،۰ کیلو ولت – سطح عایقی ۲۸/۷۵kV

Tab. 4 Single phase Capacitor units, 8,0 kV – BIL: 28/75 kV

Reference	Power [kvar]	Capacitance P-P [µF]	Height (mm) h	H	Weight [kg]	Figure 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



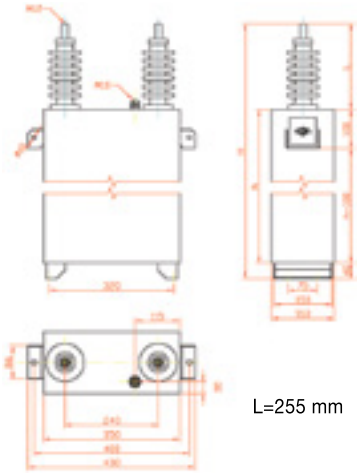
L=221 mm

ابعاد / *Dimensions*
Figure 2

جدول. ۵ یونیت های خازنی تک فاز ، ۱۲ کیلو ولت – سطح عایقی ۲۸/۷۵kV

Tab. 5 Single phase Capacitor units,12kV – BIL: 28/75 kV

Reference	Power [kvar]	Capacitance P-P [μF]	Height (mm) h	H	Weight [kg]	Figure 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

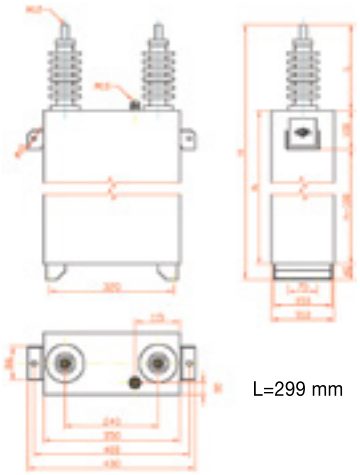


ابعاد / *Dimensions*
Figure 3

جدول. ۶ یونیت های خازنی تک فاز ، ۱۵ کیلو ولت / ۵۰ هرتز – سطح عایقی ۳۸/۹۵kV

Tab. 6 Single phase Capacitor units,15kV/50 Hz – BIL: 38/95 kV

Reference	Power [kvar]	Capacitance P-P [μF]	Height (mm) h	H	Weight [kg]	Figure 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



ابعاد / *Dimensions*
Figure 4

جدول. ۷ یونیت های خازنی تک فاز ، ۱۸ کیلو ولت – سطح عایقی ۵۰/۱۲۵kV

Tab. 7 Single phase Capacitor units, 18 kV/50 Hz – BIL: 50/125 kV

Reference	Power [kvar]	Capacitance P-P [μF]	Height (mm) h	H	Weight [kg]	Figure 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

For other ratings, consult technical department of our works.

بانک های خازنی فشار قوی

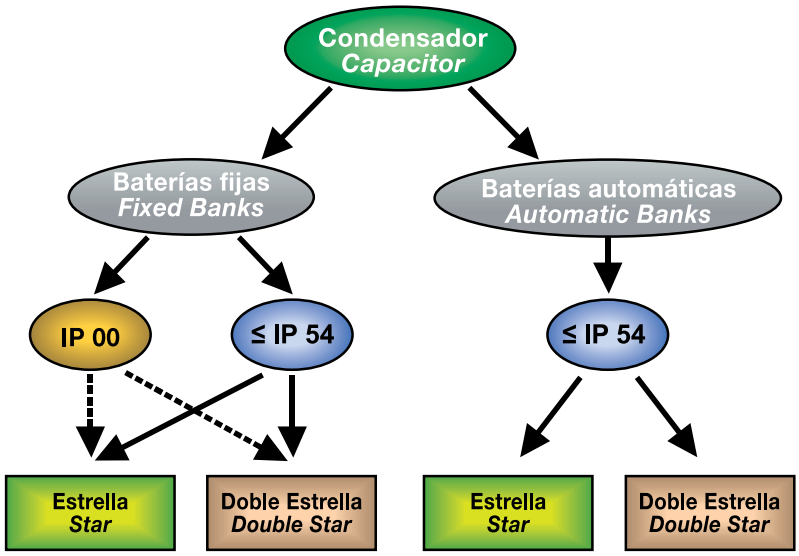
High Voltage Capacitor Banks

۵. بانک های خازن فشار قوی ثابت و اتوماتیک لیفاسا

5. Lifasa high voltage capacitor banks-fixed & automatic

یک سری از لوازم جانبی هستند (همانند بانک های خازن فشار ضعیف) که با یونیت های فشار قوی به صورت تجهیزات مرکب مونتاژ می شوند زمانی که به شبکه برق فشار قوی برای اصلاح ضریب قدرت متصل می شوند (جبران سازی توان راکتیو)، که به صورت کار آمد تر عمل کنند، این مجموعه بانک خازن نامیده می شود.
بانک های خازنی چه به صورت ثابت و چه به صورت اتوماتیک زمانی که به شبکه قدرت متصل می شوند، در مواردی که عملکرد درستی نداشته باشند با تجهیزات حفاظتی محافظت می شوند.
انتخاب نوع بانک خازنی و مونتاژ آن به قیمت و هزینه جبران بستگی دارد. این کاتالوگ در مورد ساختار و تجهیزات بانک ها بوده و به انتخاب بهترین نوع تجهیزات و ساختار کمک می کند تا نیازمندی های سیستم قدرت براورده شود.

There is a series of accessories and components (just as incase 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 equipment 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.



دو نوع بانک خازن بر اساس نوع اتصال وجود دارد. یکی از آنها ۳ فاز با فرمت اتصال تک ستاره، که کاربرد آن در مواردی که ولتاژ آن تا ۶/۶ کیلوولت می باشد مناسب است. در نوع دوم به صورت ۳ فاز و با فرمت اتصال ستاره دوبل با حداقل ۶ یونیت خازن تک فاز، ترجیحا برای سیستم هایی که ولتاژ آن بالاتر از ۱۱ کیلوولت باشد.

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 6,6kV. 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.

• بانک خازنی با یونیت های ۳ فاز

این نوع بانک با ۱ تا ۴ یونیت ۳ فاز به صورت موازی مونتاژ می شود. یونیت های ۳ فاز با اتصال داخلی ستاره می باشند و بنابراین بانک کلی به شکل ستاره مرکزی می باشد.

بانک دارای اجزاء زیر می باشد (برای نیاز های مناسب سیستم) :

- محفظه فلزی
- فیوز های با قابلیت قطع شوندگی بالا برای حفاظت از بانک خازن
- کنتاکتور برای عملکرد (اختیاری)
- سلف محدود کننده جریان هجومی
- یونیت / یونیت های خازنی

• 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.*

در عمل اجزا مورد نیاز، به نوع سیستم قدرت و نیاز مشتری بستگی دارد. معمولا این نوع بانک خازن به شبکه سیستم قدرت متصل می شود. جایی که بالاترین ولتاژ ۱۲ کیلو ولت و نیاز کیلو وار برای سیستم ۶٫۶ کیلو ولت بین ۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلو وار می باشد و تا ۲۴۰۰ کیلو وار برای مواقعی که ولتاژ ۱۱ کیلو ولت است. ما می توانیم توان بیشتری را در ولتاژ بالاتر ارائه کنیم چون که بیشترین جریان نامی برای فیوز هایی که استفاده می کنیم ۳۱۵ آمپر می باشد

• اتصال ستاره دوبل سه فاز

در مواقعی که یونیت های خازنی تک فاز نصب شده اند تا بانک های متصل دو ستاره (گروه های ستاره) کنار هم را تشکیل دهند، مرکز دو ستاره به یک ترانسفورماتور جریان خنثی متصل می شوند تا یک اشتراک بدون پایه ایجاد شود. چنانچه اشکالی در هر کدام از گروه ستاره ها بوجود آید، جریان نا متعادل در مرکز ستاره توسط ترانسفورماتور جریان تشخیص داده می شود تا یک هشدار یا تریپ ایجاد شود قبل از اینکه خسارت بزرگتری رخ دهد.

دلایل ممکن برای عدم تعادل عبارتند از عیبی در یونیت خازنی به علت کهنگی، هارمونیک ها یا اشکال که در اجزا های متصل دیگر ایجاد شده است.

ترکیب یونیت های خازنی دارای فیوز داخلی و ترانسفورماتور های جریان نا متعادل خنثی، بهترین حالت حفاظت و کارایی طرح اصلاح ضریب قدرت را شکل می دهند. تعداد یونیت های خازنی در بانک خازن، بستگی به توان نامی (کیلو وار) بانک و سیستم ولتاژ دارد. تعداد یونیت ها مضرب ۳ هستند، هر چند حداقل ۶ عدد در هر مجموعه وجود دارد.

مونتاژ بانک های خازنی فشار قوی بسته به نیاز مشتری یا نیاز عادی سیستم قدرت، شامل تجهیزات زیر می باشد:

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 k V where kvar requirement is not high.

Three phase units are not available above 12 k V. 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.*

• محفظه فلزی
• کنتاکتور خلأ یا قطع کننده های جریان SF۶ (اختیاری)
• راکتور های محدود کننده جریان هجومی
• ترانسفورماتور جریان عدم تعادل
• رله عدم تعادل (اختیاری)

معمولا بانک های دارای یونیت های سه فاز که به صورت موازی متصل شده اند برای سیستم هایی تا ولتاژ ۱۲ کیلو ولت استفاده می شوند، در مواردی که نیاز به کیلو وار بالاتر نیست.

یونیت های سه فاز بالا تر از ۱۲ کیلو ولت ساخته نمی شوند. بنابراین برای ولتاژ نامی و توان (کیلو وار) بالاتر، بانک های خازنی با اتصال ستاره دوبل با یونیت های تک فاز استفاده می شود. با این ترکیب، قادر خواهیم بود به هر سطح ولتاژ و کیلو وار خروجی دست یابیم، که بانک خازنی از لحاظ فنی و اقتصادی قابل ارائه خواهد بود.

• بانک های خازنی ثابت (برای اتصال دائم)

بانک های خازنی ثابت در مدل های مختلف در برگیرنده تجهیزات کامل که قابل نصب در محفظه فلزی / رک می باشند.

محدوده محصولات

• از ظرفیت ۵۰ کیلو وار تا ۴۸۰۰ کیلو وار (ظرفیت های دیگر ، در صورت درخواست مشتری)
• سطوح مختلف ولتاژ از ۷,۲ کیلو ولت تا ۳۶ کیلو ولت
• ساختار های متفاوت
• بانک های خازنی با یونیت های خازنی موازی متصل (اتصال ستاره داخلی به همراه فیوز های داخلی)
• بانک های خازنی با یونیت های تک فاز با اتصال ستاره دوبل

• بانک های خازنی فشار قوی اتوماتیک

بانک های خازن اتوماتیک اصلاح ضریب توان فشار قوی برای کارخانه هایی مناسب هستند که بار روی شبکه برق متغیر می باشد. در این نوع بانک های خازن، تمامی ظرفیت مورد نیاز در تعدادی پله برابر یا نا برابر بسته به شرایط بار تقسیم می شود.هر پله خازن توسط یک کنتاکتور به شبکه متصل یا جدا می گردند که توسط یک کنترل کننده ضریب توان مدل ام سی ایکس مدیریت می شوند. اگر کویل تخلیه (مبدل جریان) در طول پله ها متصل شده باشد، زمان تخلیه خازن ها به کمتر از ۱۰ ثانیه (در غیر این صورت ۱۰ دقیقه) کاهش می یابد. این کار اتصال مجدد سریع پله ها را قادر می سازد.

• *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.

تجهیزات بانک های خازن عبارتند از:

- محفظه فلزی
- فیوز ها با قابلیت قطع شوندگی بالا برای پله های خازن با علامت خرابی فیوز
- کنتاکتور خلأ یا قطع کننده جریان SF۶
- راکتور محدود کننده جریان هجومی
- یونیت های خازن فشار قوی تک فاز یا سه فاز لیفاسا به همراه فیوز های داخلی
- محفظه ای در برگیرنده کنترل کننده ضریب توان و نشان دهنده ها

محدوده محصولات

- از ظرفیت ۵۰ کیلو وار تا بالاترین ظرفیت دلخواه بسته به نیاز مشتری
- سطح ولتاژ تا ۳۶ کیلو ولت

طراحی و مشخصات

با دانش و تجربه گسترده موجود در لیفاسا، ما قادریم یک راه حل برای ضریب توان از لحاظ فنی و اقتصادی را برای مدل های ممتنوع ارائه نماییم.

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 36 k V.*

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.

۶. راکتور محدود کننده جریان هجومی

6. Inrush current limiting reactor (inductor)

در میان تجهیزات مختلف متصل به بانک های خازنی برای هموار کردن عملکرد آن، راکتور های سری مهمترین کار را بر عهده دارند. راکتور محدود کننده جریان هجومی را در زمان ورود بانک خازن محدود می نماید و زمانی که بانک خازن از مدار خارج می گردد جریان را تخلیه می نماید و به همین لحاظ راکتور های مذکور را محدود کننده جریان نامی می نامند.

زمانی که یک بانک خازن به شبکه متصل می گردد، به خصوص زمانی که موج ولتاژ در پیک می باشد، بانک های خازن جریان زیادی را دریافت می کنند، که آن را جریان هجومی می نامند. اندازه این جریان سوئیچ شده زیاد است و برای خازن ها و تجهیزات مربوطه زیان آور می باشد.

به این منظور برای به حداقل رساندن جریان هجومی، اتصال یک راکتور محدود کننده جریان لازم است موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

• مطابق با استاندارد IEC۶۰۸۷۱ خازن به گونه ای طراحی شده است که بتواند جریان هجومی به اندازه ۱۰۰ برابر جریان نامه را تحمل نماید. لذا راکتور اندازه بالاتر از این حد جریان هجومی را محدود می کند.

• جریان هجومی نباید برای طول عمر و کارایی سوئیچ گیری که برای بانک خازن عمل می کند زیان آور باشد. در صورتی که بانک های خازن / پله های آن با فیوز های با قابلیت قطع شوندگی بالا محافظت شوند، جریان هجومی می بایست کمتر از جریان لینک فیوز های آمیخته شده باشد.

Among various equipments connected with capacitor bank for its smooth operation, series reactor has an atmost 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 minimise 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, inorder to avoid nuissance fuse blow.

If more than one capacitor bank is connected to a busbar, the inrush current arising out of parallel switching (energising a capacitor bank to a busbar where other capacitor bank/banks are already existing in energised condition) is very high. The parameters of inductor need to be worked out and decided accordingily. 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).

$$I_{in} = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot \sqrt{\frac{S_{sc}}{Q}}$$

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 energised bank/banks are existing, the energised banks discharges in to the newly connected bank. This situation exists in automatic banks having more than one step.

اگر بیشتر از یک بانک خازن به شینه متصل باشد جریان هجومی ناشی از سوئیچ موازی (انرژی دادن یک بانک خازن به شینه زمانی که هنوز بانک / بانک های خازن موجود در شرایط انرژی دادن هستن) خیلی زیاد است. پارامتر های القاگر احتیاج به کار کردن در خارج و مستقیم تصمیم رفتن دارند.

لذا توجه به موارد زیر ضروری است:

- قدرت جریان اتصال کوتاه سیستم به کدام بانک خازن متصل می شود
- مشخصات بانک های خازن موجود

برای اندازه گیری جریان هجومی / سوئیچ شونده، بیان زیر مفید است.

۱.۶. زمانی که فقط یک بانک خازن متصل است

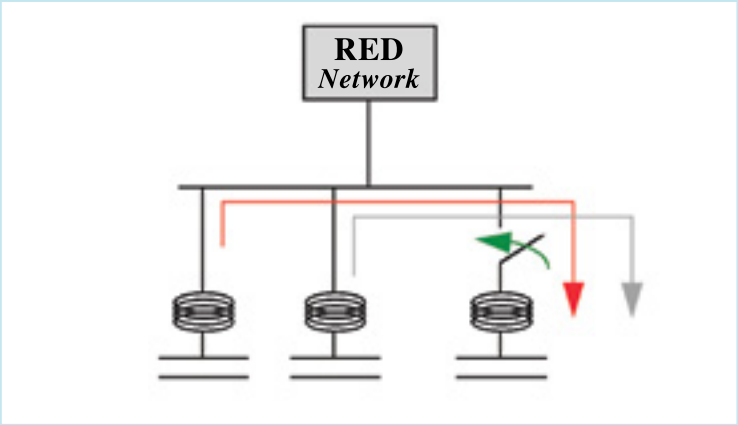
جریان هجومی یک تابع از سطح جریان اتصال کوتاه سیستم قدرت (MVA)، به کدام یک از بانک های خازن متصل شده و درجه توان بانک (مگا وار) می باشد.

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

معمولاً، این نوع از نصب به راکتور های سری (القاگر) به لحاظ اینکه مقاومت ظاهری سیستم جریان هجومی را محدود می کند، نیازی ندارد. با این حال قبل از تصمیم گیری نسبت به اینکه که راکتور مورد نیاز می باشد یا خیر، نیاز است که این قضیه تایید و مشخص شود. اگر اندازه جریان هجومی ۱۰۰ بار بالاتر از جریان نامی بانک خازن باشد، بهتر است که راکتور سری (القاگر) متصل شود.

۲.۶. بانک های خازن متصل موازی

همانطور که قبلا توضیح دادیم، جریان هجومی که در زمان متصل شدن یک بانک خازن متصل به شینه، در جایی که یک یا چند بانک خازن انرژی دار وجود دارد، بانک های انرژی دار به دلیل اتصال بانک خازن جدید تخلیه می شوند. این وضعیت در بانک های خازن دارای بیشتر از یک پله وجود دارد.



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

جریان هجومی خیلی زیاد است و اتصال راکتور های سری (القاگر) غیر قابل اجتناب است.

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

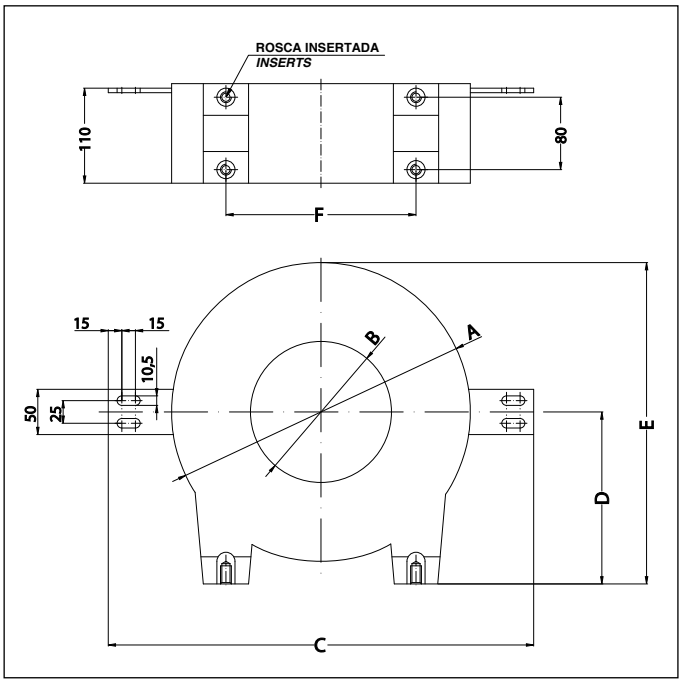
نکته: برای دستیابی به مشخصات کامل راکتور های سری ، با واحد فنی / بازرگانی مشورت کنید

۳.۶. راکتور جریان هجومی برای بانک های خازن

راکتور های محدود کننده جریان هجومی، به منظور محدود نمودن جریان تولید شده در اتصال خازن مورد نیاز می باشند.

6.3. Inrush current reactor for capacitor banks

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



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

مشخصات فنی/
Technical characteristics:

- *Air core reactor, encapsulated in resin*
- *Indoor and outdoor*
- Imax = 1.43 x In
- *Rated short duration current: 43 x In / 1seg. (X kA/seg. on request)*
- *Dynamic current: 1.5 It*
- *Insulation level: 12kV (28/75)*
- *Temperature: cat.B*
- *Standard: IEC 60289*

Type ICR-260:

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

Type ICR-330:

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

۷. کنترل و حفاظت از بانک های خازن فشار قوی

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

بسیار مرسوم است برای هر شبکه الکتریکی که تجهیزات آن توسط یک سوئیچگیر مناسب قطع / وصل شوند. تجهیزات سوئیچ کننده، قابلیت قطع مدار در حالت وجود بار را دارا می باشند، به هر حال گاهی اوقات سوئیچینگ زمانی که یک خطا در تجهیزات متصل شده وجود دارد صورت می گیرد. در این موارد انتظار می رود که قطع کننده قابلیت تحمل در مقابل جریان خطا را برای مدت کوتاهی داشته باشد. اما قبل از اینکه هر آسیب اتفاقی رخ دهد نیاز است که خطا با تجهیزات مناسبی که در مدار قرار دارد رفع شود.

دو نوع سوئیچینگ وجود دارد: یکی از آنها برای عملکرد تحت بار و دیگری تنها به منظور ایزوله کردن تجهیزات در شرایط بی باری که به منظور تعمیرات یا خارج نگه داشتن آن از جریان است استفاده می شود. نوع دوم برای ایزوله نمودن مدار در زمان نبود بار طراحی شده است. ما درباره حفاظت و دستگاه های سوئیچینگ که به طور معمول در جریان های خازن قدرت استفاده می شوند بحث می کنیم.

• فیوز های فشار قوی HRC (قابلیت قطع شوندگی بالا)

فیوز های HRC قادر اند جریان خطا های بالا را قطع کنند، با این حال زمانی که فیوز عمل می کند برای تنظیم مجدد، نیاز به جایگزینی با یک فیوز جدید وجود دارد. توصیه می شود که هر سه فیوز در مدار خازن جایگزین شود حتی اگر تنها یک فیوز قطع شود و دو فیوز دیگر هیچ آثار خارجی را نشان نمی دهد. بر اساس تعریف فیوز طبق UNE-EN۶۰۲۸۲:۱ فیوز وسیله ای است که در یک محدوده زمانی مشخص، جریان بیش از یک سطح از پیش تعیین شده را از طریق ذوب یک المان یا بیشتر قطع می نماید.

فیوزهای فشار قوی HRC به منظور حفاظت یونیت های خازن و بانک خازن در سیستم های قدرت تا ۱۲ کیلو ولت به کار می روند. هیچ دستورالعمل ثابتی برای تعیین مشخصات فیوز و یا ویژگی های آن وجود ندارد.

اندازه توان بانک خازنی، سطح اتصال کوتاه سیستم، ولتاژ، مشخصات سوییچگیر فشار متوسط، ماهیت دیگر بانک های خازنی موازی متصل شده، مقدار سلف (راکتور سری)، اندازه های در دسترس و مقدار نامی فیوز و موارد دیگر به کار گرفته می شوند تا نوع و مقدار فیوز انتخاب شود.

به عنوان یک قاعده کلی اندازه فیوز با استفاده از عبارت زیر تعیین می گردد:

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

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 interruptor 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 interruptors) 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 discussed 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 reseting the circuit fuse links need to be replaced with new ones. It is reccomended 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.

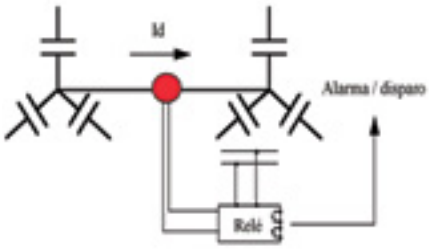
There is no easy fixed guideline for determining the fuse specifications or characteristics. Capacitor bank power rating, system short circuit level, voltage, characteristics of switchgear, nature of other parallel connected banks,value of inductor (series reactor), available sizes and rating of fuses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

• رله و ترانسفورماتور جریان عدم تعادل نوترال

در اتصال ستاره دوبل بانک خازن، که در آن ولتاژ از ۱۲ کیلو ولت بالاتر است و ظرفیت نامی نسبتا بالا می باشد و از طریق ترانسفورماتور جریان نوترال در ارتباط با نقطه خنثی عدم تعادل به دست آورد. همانطور که قبلاً گفته شد این نوع از بانک های خازن با اتصال مرکز دو ستاره به یکدیگر (گروه ستاره) از طریق یک ترانسفورماتور عدم تعادل، دو نقطه خنثی در یک نول مشترک متصل می شوند و کمک می کند تا عدم تعادل در زمان کار تشخیص داده شود.

در مورد یک یا چند خازن در یک گروه ستاره، با بروز یک خطا فیوز داخلی عمل می کند در نوترال زمین نشده کاهش ظرفیت نتیجه افزایش ولتاژ در فاز معیوب و به کاهش در دو فاز سالم و عبور جریان بین دو نقطه خنثی از طریق C. T منجر خواهد شد.

میزان جریان عدم تعادل در نقطه نوترال متناسب با تعداد فیوز های داخلی عمل کرده می باشد. ولتاژ در عناصر متصل موازی سالم افزایش می یابد و می بایست در یک مجموعه معیوب محدود گردد، در غیر این صورت می تواند منجر به خرابی عناصر سالم شود. جریان مجاز نقطه نوترال بر این اساس تعیین و جریان رله عدم تعادل با تریپ یا آلارم قطع کننده مدار تنظیم می شود. حالت اتصال در نمودار زیر ارائه شده است.



ولتاژ بین نقطه خنثی و زمین ولتاژ پایینی است. جریان C. T نقطه نوترال به طور معمول ۱/۵، ۲/۵ ، ۵/۵ می باشد.

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

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

• *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 twoneutrals 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 accordingily. 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.

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

Design total output:	2200 kvar
Design voltage:	21 kV
Rated Network Voltage:	20 kV
Rated output	2000 kvar
Rated current:	57,73 A
Design output of each unit:	367 kvar
Design voltage of units:	12,124 kV
Number of units in series:	1
Number of elements in paralell per series group:	1

Internal Configuration of each unit:

Number of series groups in units:	6
Number of elements in paralell per series group:	9

Number of blown fuses / unit	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Capacitance of fault unit (uF)	7,79	7,591	7,341	7,017	6,581
Loss of uF in fault unit %	2,041	4,545	7,692	11,765	17,241
Fault phase capacitance (uF)	15,743	15,54	15,294	14,97	14,534
Voltage fault phase (V)	12,166	12,217	12,282	12,367	12,483
Umbalance Neutral Current (A)	**0,31**	**0,69**	**1,18**	**1,82**	**2,69**

Recommended adjustment for relay:
Alarm current level: 0.6 A a 1s. *Trip current level*: 1 A a 0.1s

• 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 restrike 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 disconnector/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:

• کنتاکتور های خلأ ، دیژنکتور های SF٦ و مقره ها

بـه منظـور انتخـاب سـوئیچ کننـده مناسـب جهـت بانـک خـازن مـوارد زیـر مـی بایست در نظر گرفته شوند :

• سـوییچ کننـده مـی بایسـت از نـوع خازنـی، بـه معنـی جلوگیـری از ضربـه جریـان باشـد. زمانـی کـه بانـک خـازن سـوئیچ مـی شـود موجـب ایجـاد جریـان هجومـی یـا جریـان تخلیـه بـه صـورت ضربـه مـی گـردد. بانـک هـای خـازن زیـر بـار فـول بـر خـلاف دیگـر تجهیـزات، بـه طـور دائـم قطـع و وصـل مـی گردند، لذا ولتاژ و جریان بیش از حد در نوسان می باشند.
• بـرای قطـع کـردن در وضعیـت بـی بـاری بانـک هـای خازنـی بـه منظـور نگهـداری و در زمانـی کـه نیـاز بـه بانـک مذکـور نیسـت و یـا در زمـان تعمیـرات، مـی بایسـت کلیـد راقطـع نمـود. بـا در نظـر داشـتن مـوارد بـالا، جریـان نامـی کلیـد مـی بایسـت ۳۰ درصـد بالاتـر از حـد جریـان نامـی و ۱۰ درصد بالاتر از ولتاژ نامی انتخاب گردد:

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

• 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.

• کنتاکتور خلأ سه فاز فشار متوسط

کنتاکتور های خلاء عمدتاً برای سوئیچینگ موتور، ترانسفورماتور ها، خازن های در موجود در شبکه برق AC استفاده می شوند. آنها را می توان در محفظه های فلزی چند طبقه نیز نصب نمود. یک کنتاکتور خلاء شامل چندین مجموعه مانند مکانیسم سوئیچینگ قطع کننده خلاء، محرک مغناطیسی، فریم مقابل با مقاومت بالا و قطعات کمکی می باشد.

طول عمر بالا و پایدار که توسط قطع کننده خلاء ساخته شده از محفظه وکیوم قطع کننده که از لوله آلومینا سرامیک ساخته شده است و امکان بدون گاز شدن در درجه حرارت بالا با مقاومت مکانیکی عالی اجرا شده است. عملکرد در کوتاه ترین بازه یا در تحریک دایم امکان پذیر است. توابع برای ایمنی در اتصال و قطع فراهم شده است.

۸. انتخاب بانک های خازنی : درجه بندی استاندارد

8. Selection of capacitor banks: standard ratings

- بانک های خازنی فشار قوی ثابت
- بانک های خازنی فشار قوی اتوماتیک

- *High Voltage Fixed Capacitor banks.*
- *High Voltage Automatic Capacitor banks.*

بانک های خازنی ثابت با یونیت های خازنی ۳ فاز برای ولتاژ ۵ و ۶,۶ کیلو ولت

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

Reference	kvar	Cond. *Units*	kvar	*Figure*	*Dimensions (mm)* L W H
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: para 5 kV = 050 para 6,6 kV = 066 / *xxx: for 5 kV = 050 for 6,5 kV = 066*

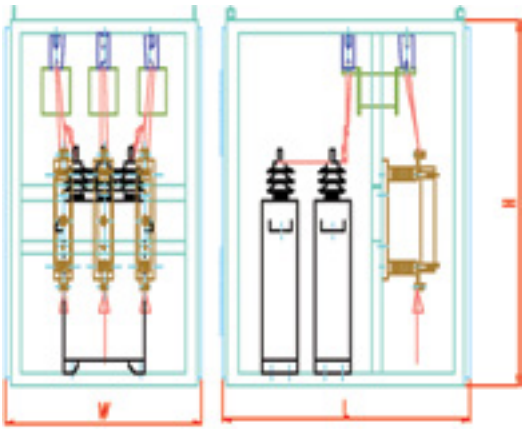


Fig. 1

بانک های خازنی ثابت با یونیت های خازنی تک فاز برای ولتاژ ۲۲ کیلو ولت

Fixed capacitor banks for 22 kV with single phase capacitor units

Reference	kvar	Cond. *Units*	kvar	*Figure*	*Dimensions (mm)* L W H
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: para 20 kV = 200 para 22 kV = 20 / *xxx: for 20 kV = 200 for 22 kV = 220*

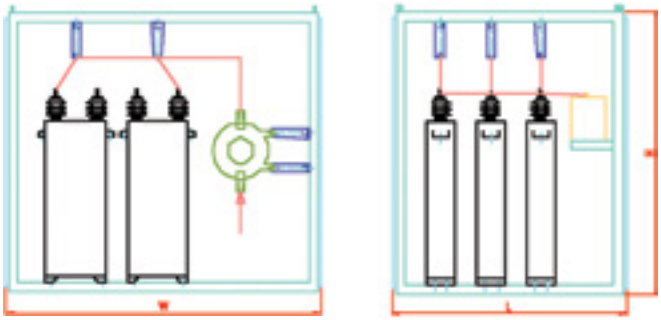


Fig. 2

بانک های خازنی ثابت با یونیت های خازنی تک فاز برای ولتاژ ۳۳ کیلو ولت

Fixed capacitor banks for 33 kV with single phase capacitor units

Reference	kvar	Cond. *Units*	kvar	*Figure*	*Dimensions (mm)* L W H
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: para 30 kV = 300 para 33 kV = 330 / *xxx: for 30 kV = 300 for 33 kV = 330*

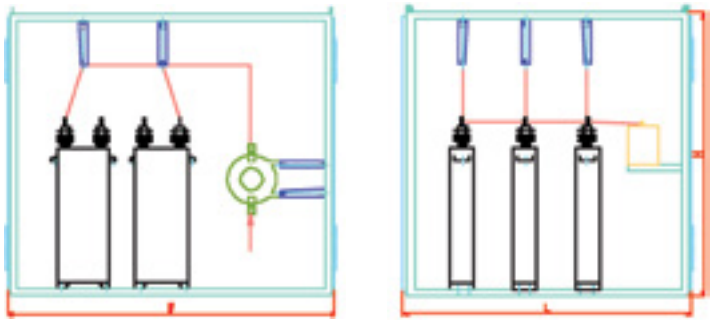


Fig. 3

Solutions to improve the Electrical Energy

راه کار هایی برای بالا بردن کیفیت انرژی الکتریکی

توزیع کننده/ Distributor:

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

بدلیل توسعه و بهبود مستمر در محصولات، اطلاعات و مشخصات فنی کاتالوگ های لیفاسا بدون اطلاع قبلی تغییر می کنند

www.lifasa.ir