

ERG

Niskonaponski uređaji za kompensaciju jalove snage



CERTIFICATE

Certificate Number 202382



SGS Switzerland SA
International Certification Services, Zurich,
certifies that

ERG d.o.o.
HR-42000 Varaždin, Croatia



has introduced and is applying a Quality Management System.

On the occasion of the certification audit the Quality Management System has been assessed and registered as meeting the requirements of:

EN ISO 9001 : 2000

The scope of the Quality Management System certification covers:

Design, production, installation and maintenance of electrical equipment for power factor correction.

The certificate is valid for three years up to and including March 6, 2005.

SGS Switzerland SA
International Certification Services
Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zurich

Zurich, March 7, 2002



Akkreditierungs-Nr. SCES 017

The Management



Niskonaponski uređaji za kompenzaciju jalove snage

1. Pojašnjenje pojmova
2. Osnove kompenzacije jalove snage
3. Određivanje potrebne snage uređaja za kompenzaciju
4. Kompenzacija u mrežama s mrežnim tonfrekventnim upravljanjem - MTU
5. Kompenzacija u mrežama s potrošačima brzog ritma
6. Kompenzacija u mrežama s prisustvom viših harmonika
7. Pasivni i aktivni filteri
8. Energetski kondenzatori
9. Regulatori faktora snage
10. Kondenzatorski sklopnici
11. Tiristorski moduli
12. Antirezonantne filterske prigušnice
13. Tonfrekventni zapor
14. Stalni - fiksni, neprigušeni i prigušeni kompenzacijski uređaji
15. Automatski neprigušeni kompenzacijski uređaji
16. Automatski prigušeni kompenzacijski uređaji
17. Dinamički kompenzacijski uređaji
18. Aktivni filteri AHFI
19. Dodatak

Ugođeni filterski krugovi

Ugođeni filterski krug je serijski spoj kondenzatora i prigušnice (prigušnica filterskog kruga), koji su tako jedno prema drugom ugođeni, da se rezonantna frekvencija serijskog titrajnog kruga poklapa s frekvencijom viših titraja (harmonika), ili joj je vrlo blizu.

Kako je impedancija serijskih titrajnih krugova na rezonantnim frekvencijama vrlo mala (blizu 0), tako će dotični viši harmonik biti "usisan" od filterskog kruga. Impedancija ugođenih filterskih krugova je na frekvenciji mreže (50 Hz) kapacitivna.

Filtriranje (usisavanje) viših harmonika

Struje viših harmonika mogu u pogonskim mrežama dovesti do kritičnih mrežno - povratnih djelovanja.

Primjenom prigušenih kondenzatora tako nastale smetnje se smanjuju odnosno potpuno izbjegavaju.

Prema dimenzioniranju i pridruživanju prigušnice filterskog kruga i kondenzatora bit će postignuto veće ili manje usisavanje struja viših harmonika.

Mjerilo za filtriranje je *faktor prigušenja p*.

Što je manji faktor *p*, to je veće usisno djelovanje.

Vrijeme odziva

Vrijeme odziva regulatora jalove snage je vrijeme koje proteče od pojave potrebe za promjenom jalove snage do preklapanja regulatora.

Otcjep

Otcjep je kondenzatorski stupanj kojeg preklapa izlaz regulatora faktora snage.

C/k vrijednost

C/k vrijednost je vrijednost odziva regulatora jalove snage. Ona se računa iz snage kondenzatora prvog odvojka "C" i prijenosnog odnosa strujnog mjernog transformatora "k".

Vrh uklopne struje, otpornici za predpunjenje

Vrhovi uklopne struje su visoki, često kritični vrhovi struje, koji nastaju pri uklapanju ili davanju ritma velikim potrošačima također i kondenzatorima.

Uključenje pojedinih kondenzatora ne predstavlja u pravilu nikakve poteškoće, s obzirom da je struja kroz induktivite preduključenih transformatora i vodova ograničena. Bitno kritičnije je uklapanje kondenzatora u kompenzacijskim uređajima (paralelno priključenje jednog kondenzatora k već uključenim kondenzatorima), budući da je u ovom slučaju struja ograničena samo još malim induktivitetom priključnih vodova i kondenzatora.

Ovaj problem može se riješiti primjenom specijalnih kondenzatorskih sklopnika opremljenih otpornicima za prednabijanje. Oni su sastavni dio kondenzatorskog sklopnika i uključuju se u strujni krug pomoćnim pretkontaktima, prije zatvaranja glavnih kontakata. Tako se postiže prigušenje vršne struje na oko 10% od njene neprigušene vrijednosti.

Prigušeni kompenzacijski uređaji ne trebaju ove mjere, jer je s pomoću induktiviteta prigušnice postignuto dovoljno prigušenje uklopne struje.

Uređaj za pražnjenje, vrijeme pražnjenja

Uređaji za pražnjenje koriste se zato, da se kondenzatori nakon odvajanja od mrežnog napona isprazne. Oni moraju biti prikladni da energiju spremljenu u kondenzator

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

u sekundama prihvate i unište. Prikladni uređaji za pražnjenje kondenzatora su otpornici i prigušnice. Prigušnica za pražnjenje zbog njene velike AC impedancije na osnovnoj frekvenciji stvara vrlo male gubitke. Nakon isklapanja kondenzatora prigušnica ga isprazni u nekoliko sekundi zbog njene vrlo male DC impedancije. Stoga je za pražnjenje kondenzatora kvalitetnije primijeniti prigušnice nego otpornike. Prema EN 60831-1, svaki kondenzator ili kondenzatorska

baterija mora biti ispražnjena u roku od tri minute na napon od 75 V ili manji.

U osnovi vrijedi da preostali napon kondenzatora kod ponovnog priključenja ne smije premašiti 10% nazivnog napona.

Kod automatskih postrojenja za kompenzaciju jalove snage mora pražnjenje uslijediti unutar nekoliko sekundi, s obzirom da regulator uslijed promjene opterećenja, već nakon kraćeg kašnjenja, može dobiti nalog za ponovno uključivanje i da se upravo iskopčani kondenzator mora ponovo priključiti.

Vrijeme pražnjenja u regulacijskim jedinicama mora stoga uvijek biti kraće od vremena odziva regulatora.

Impulsna opteretivost

Impulsna opteretivost kondenzatora mora biti visoka, kada se oni rabe u regulacijskim jedinicama i time budu često preklapani, jer visoka struja uklapanja osim uklopnih uređaja opterećuje i svitke kondenzatora.

Kapacitivna konstantnost (nepromjenljivost kapaciteta)

Kapacitivna konstantnost znači nemijenjanje električnih veličina kondenzatora tijekom cijelog životnog vijeka.

Ona je od posebno velikog značenja kod ugođenih i razgođenih filterskih krugova.

Trajno održavanje ugođene frekvencije je kod filterskih krugova moguće samo ako je razgradnja kapaciteta uslijed starenja kondenzatora vrlo mala.

Energetski kondenzatori

Energetski kondenzatori su kondenzatori velikog kapaciteta, a izvedeni su prema normi EN 60831-1. Koriste se za pomicanje faze i za filtriranje viših harmonika. Energetski kondenzatori posebno se odlikuju:

- visokom kapacitivnom konstantnosti i vijekom trajanja
- unutarnjim sigurnosnim sustavom
- visokom impulsnom opteretivosti.

Ove osobine su osobito važne kod primjene u prigušenim kompenzacijskim uređajima.

Linearni potrošači

Kod priključenja na mrežni napon sinusnog oblika, linearni potrošači uzimaju iz mreže sinusoidalnu struju, koja može biti fazno pomaknuta prema naponu. Linearni potrošači su npr.: Trofazni motori, kondenzatori, žarulje s žarnom niti, otporska grijanja.

Nelinearni potrošači

Nelinearni potrošači uzimaju iz mreže kod priključenog sinusnog napona struju nesinusnog oblika.

Nelinearni potrošači su npr.:

- pogoni s usmjerivačima, frekvencijski pretvarači,
- uređaji za besprekidno napajanje, televizori,
- elementi sa zasićenim magnetskim željeznim krugovima,
- fluorescentne svjetiljke,
- lučne peći, uređaji za zavarivanje,
- poluvodički elementi (diode i tiristori).

Harmonici (viši titraji)

Nelinearni potrošači uzimaju iz mreže nelinearnu struju. Ova nelinearna struja može se po Fourieru rastaviti na osnovni titraj frekvencije f_1 i superponirane više titraje frekvencije

$$f_v = v \cdot f_1$$

Redni broj v

Redni broj v : 5., 7., 11., 13., itd. je parametar koji označava viši harmonik. On predstavlja odnos frekvencije viših titraja prema frekvenciji mreže.

$v = 5$ označava 5. harmonik s

frekvencijom $f_v = v \cdot f_1$

Kod $f_1 = 50$ Hz iznosi $f_5 = 250$ Hz

Kod $f_1 = 60$ Hz iznosi $f_5 = 300$ Hz

Amplituda struje viših titraja smanjuje se s rastućim rednim brojem prema osnovnoj frekvenciji

Red regulacije - sekvenca

Red regulacije naziva se odnos snage odvojaka. Šest jednakih odvojaka daju red regulacije 1:1:1:1:1:1. Kod regulatora jalove snage može se red regulacije birati po volji i jednostavno mijenjati.

Rezonantna frekvencija

Kod rezonantne frekvencije f_R jalovi otpor X_L i X_C serijskog titrajnog kruga jednak je i suprotne je vrijednosti ($X_L = X_C$). Stoga je u točki rezonancije otpor titrajnog kruga približno nula, s obzirom da je aktivan još samo relativno malen omski udio.

Rezonancija

U kompenziranim mrežama izmjenične struje može doći do slučaja, da se induktivni i kapacitivni jalovi otpori poništavaju. S obzirom da kod narinutog napona samo još relativno mali omski otpori djeluju na ograničavanje struje, kod rezonancije nastaju veliki strujni vrhovi, koji aktiviraju nadstrujnu zaštitu i mogu dovesti do značajnih šteta.

Filterski krugovi brzog ritma

Kod filterskih krugova brzog ritma kondenzatori se preklapaju poluvodičkim sklopkama. Preklapanje se vrši bez habanja. Viškovi jalove snage i upadi opterećenja ispravljaju se u nekoliko milisekundi.

Samopopravljivost (samoozdravljivost), nadtlačno osiguranje

Energetski kondenzatori ne trebaju preduključene osigurače za preopterećenje. Proboji u kondenzatoru kao posljedica naponskih vrhova izoliraju se samopopravljanjem. Kondenzator ostaje tijekom samopopravljanja radno sposoban. Ako bi u iznimnim slučajevima ili na kraju životnog vijeka došlo do posebno učestalih proboja, zbog povećane koncentracije plina uključio bi se uslijed nastalog nadtlačka odvojni mehanički osigurač i kondenzator bi se odvojio od mreže.

Broj stupnjeva regulacije

Broj stupnjeva regulacije određen je redom regulacije. Broj stupnjeva se izračuna tako da se brojevi reda regulacije zbroje. Na primjer red regulacije 1:2:2:2:2:2 daje broj stupnjeva 11. Da bi se postigla dovoljno točna regulacija a istovremeno izbjeglo prečesto preklapanje, razumno je broj stupnjeva regulacije odabrati između 6 i 16.

Veći brojevi stupnjeva regulacije ne donose bitno poboljšanje $\cos \varphi$.

Zaporni factor a_f

To je odnos tonfrekventne impedancije Z_{FT} jednog sustava (npr. kondenzator sa zaporom tonske frekvencije ili prigušeni kondenzator) prema reaktanciji X_C kondenzatora na osnovnoj frekvenciji f_1 (npr. 50 Hz).

$$a_f = \frac{Z_{FT}}{X_{Cf1}}$$

Postrojenje daljinskog upravljanja tonfrekvencijom (MTU) Tonfrekventni zaporni krug

Postrojenja daljinskog upravljanja tonfrekvencijom napajaju javnu opskrbnu mrežu tonfrekventnim impulsima. Ovi impulsi šire se u cijeloj mreži i omogućuju, preko u mreži

raspoređenih tonfrekventnih prijamnika, željena preklapanja.

Područja primjene postrojenja daljinskog upravljanja su npr.:

- upravljanje tarifom u domaćinstvima i industriji,
- preklapanje alarmnih signala,
- preklapanje rasvjetnih postrojenja.

Uslijed frekvencijski ovisnih otpora kondenzatora mogu odaslane tonske frekvencije biti ometane.

Da bi se to izbjeglo, kompenzacijski uređaji se prigušuju ili opremaju tonfrekventno zapornim krugovima ili se opremaju kombinacijom obojog.

Faktor prigušenja

Faktor prigušenja p (%) daje odnos reaktancije prigušnice i kondenzatorske reaktancije kod osnovne frekvencije. Faktor prigušenja p pokazuje indirektno rezonantnu frekvenciju f_R serijskog titrajnog kruga, npr.:

$$\begin{aligned} p=7\% & \quad -f_R=189\text{Hz} \\ p=5,67\% & \quad -f_R=210\text{Hz} \\ p=14\% & \quad -f_R=134\text{Hz} \end{aligned}$$

Ovisnost između p i f_R dobije se iz.

$$f_R = f_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{p}}$$

npr.: $p=7\%$, frekvencija mreže $f_1 = 50$ Hz

$$f_R = 50 \cdot \frac{1}{\sqrt{0,07}} = 189 \text{ Hz}$$

Prigušeni kondenzator (razgođeni filterski krug)

Prigušeni kondenzator je serijski spoj kondenzatora i prigušnice. Nastaje serijski titrajni krug čija je rezonantna frekvencija f_R dimenzioniranjem prigušnice tako postavljena, da leži ispod frekvencije petog harmonika (250 Hz).

Time je spoj kondenzatora i prigušnice za sve frekvencije viših titraja ≥ 250 Hz induktivan, te opasne rezonancije između kondenzatora i mrežnih induktiviteta (npr. trafo) nisu više moguće.

Faktor impedancije α

Faktor impedancije α je omjer impedancije pri MTU frekvenciji i impedancije pri 50 Hz. Impedancija potrošačkog postrojenja pri MTU frekvenciji (uključivo vlastiti mrežni transformator i uređaj za kompenzaciju) mora u priključnoj točki iznositi barem 40% priključne impedancije potrošačkog postrojenja pri 50 Hz, da bi se izbjeglo nedopušteno povratno djelovanje na MTU.

2

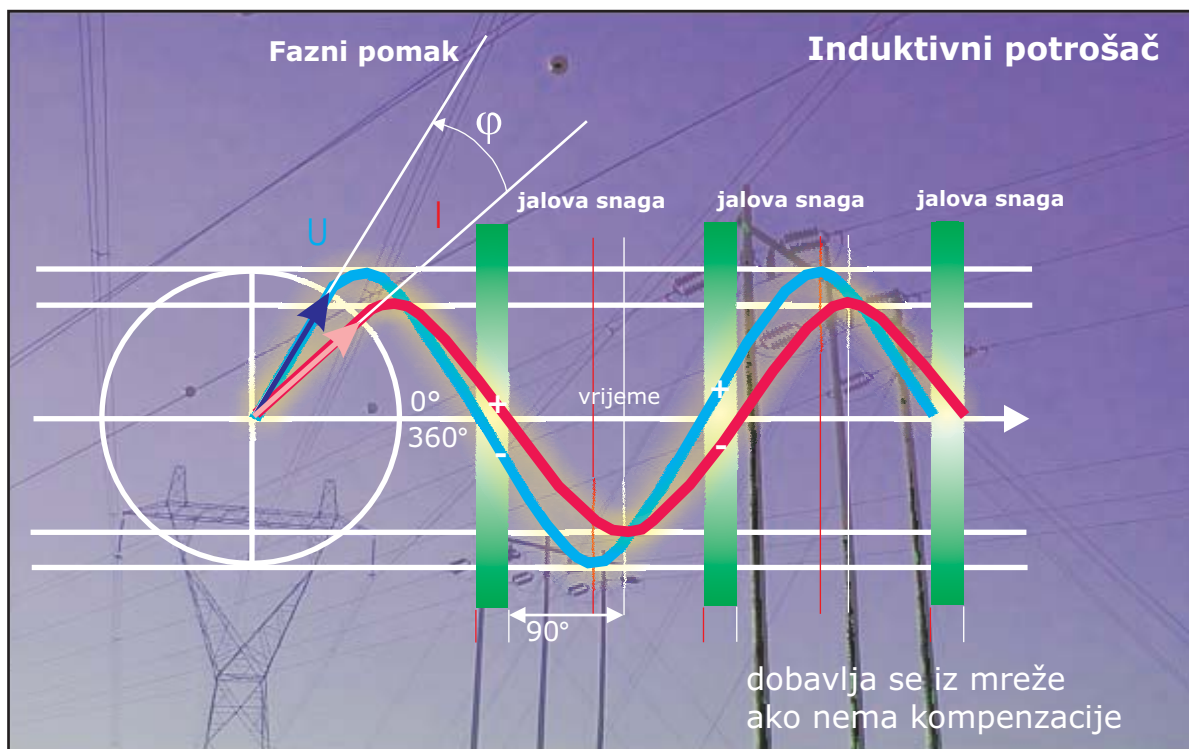
Osnove kompenzacije jalove snage

Iz mreže uzeta snaga P jednaka je umnošku napona U i struje I , ($P = U \cdot I$)

Ovo vrijedi kod periodički promjenljivih veličina sinusnog oblika i to samo ako struja i napon leže u fazi, dakle u istom vremenu imaju prolaze kroz nulu. To je slučaj kod omskih potrošača, kao npr. kod žarulje i električnog grijanja. Kako je ovdje dovedena snaga pretežno pretvorena, govori se o djelatnoj snazi.

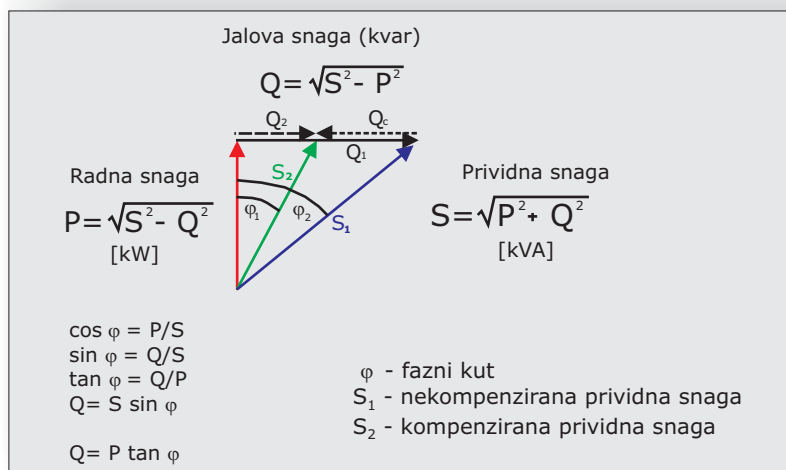
Magnetska polja su pretpostavka za rad motora i transformatora. Potreban udio energije za njihovo nastajanje ne može se pretvoriti u djelatnu snagu, ona se naziva jalova snaga Q .

Induktivnim otporom svitaka dolazi se do pomaka prolaza kroz nulu struje i napona (Slika 1).



Slika 1

Prolaz struje kroz nulu pomaknut je prema naponu za fazni kut φ . Kako ona mijenja svoj predznak vremenski nakon napona, govori se o kašnjenju struje. Pošto je za nastanak magnetskog polja potrebna jalova struja, električna pogonska sredstva (vodovi, trafoi i generatori) moraju se dimenzionirati i za ovaj dodatni udio struje, to jest za geometrijski zbroj djelatnog i jalovog dijela (Slika 2).



Slika 2

Kod prijenosa energije beskoristan jalovi dio treba se držati što manjim. Prijenos jalove snage izaziva dodatne gubitke prijenosa i zato je neekonomičan. Kako je s druge strane jalova snaga potrebna potrošaču, mora se pokušati dobiti na drugi način, a ne preko opskrbe mreže. Pritom pomaže činjenica da kondenzatori (kapacitivni potrošači) imaju jalovu struju koja prethodi naponu.

Udjeli energije električnih (kondenzator) i magnetskih (induktiviteti) polja izjednačavaju se. Ovaj se postupak naziva kompenzacija jalove snage.

Kompenzacijom jalove snage u blizini potrošača moguće je rasteretiti električne mreže jer se tada jalova snaga više ne dobavlja preko mreže nego je stvaraju kondenzatori. Pri tome valja uzeti u obzir da pretjerana kompenzacija može dovesti do tehničkih problema i da u određenim okolnostima može izazvati gospodarsku štetu. To posebno vrijedi glede opterećenja pri višim harmonicima i povratnog djelovanja na MTU.

$S \cos \varphi$ označava se odnos djelatne snage P prema prividnoj snazi S .

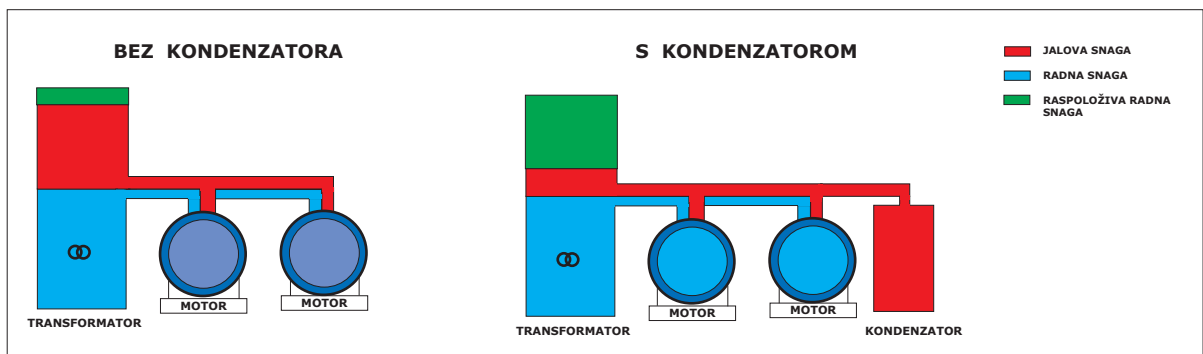
$$\cos \varphi = P/S$$

Jalova snaga izračuna se iz iznosa prividne i radne snage

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

(vidite sliku 2)

Kondenzator iste snage ($Q_c = Q$) potpuno bi kompenzirao jalovu snagu i faktor snage podigao na $\cos \varphi = 1$. U praksi će se $\cos \varphi$ nakon kompenzacije u većini slučajeva kretati između 0,95 i 0,99. (Slika 3)

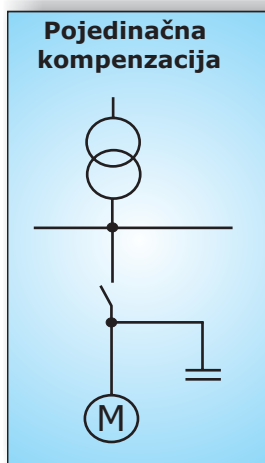


Slika 3

VRSTE KOMPENZACIJE

Pojedinačna kompenzacija (Stalna kompenzacija)

Pojedinačna kompenzacija je tipična za pogon pojedinačnih asinkronih motora, transformatora, uređaja za zavarivanje, izbojnih svjetiljki i kod pogona s regulacijom broja okretaja kao usisni krug. Kod pojedinačne kompenzacije induktivna jalova snaga kompenzira se neposredno na mjestu nastajanja. Svakom induktivnom potrošaču dodjeljuje se odgovarajući kondenzator odnosno kondenzatorska baterija. (Slika 4)

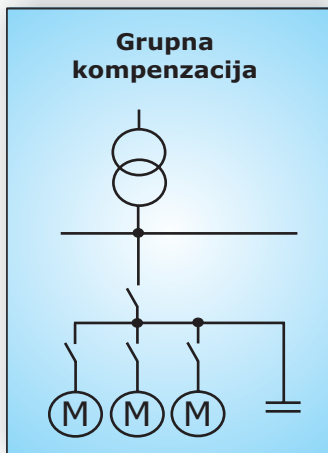


Slika 4

Prednosti pojedinačne kompenzacije:

- Priključni kabeli se odterecuju od jalove struje.
 - U pravilu nisu potrebni dodatni sklopni uređaji
- Ekonomičnija je pojedinačna kompenzacija kod potrošača:
- većih snaga (>20 kW)
 - stalne snage koji pretežno rade u stalnom pogonu

Grupna kompenzacija



Slika 5

Kod grupne kompenzacije kompenzira se više induktivnih potrošača koji su istovremeno u radu, npr. potrošači napajani iz jednog podrazdjelnika.

Ako se potrošači pojedinačno uključuju, tada mora također i kondenzator sadržavati sklopni uređaj (na primjer sklopnik), koji se uključuje samo onda kada su svi potrošači u pogonu ili se instalira regulirani uređaj za kompenzaciju.

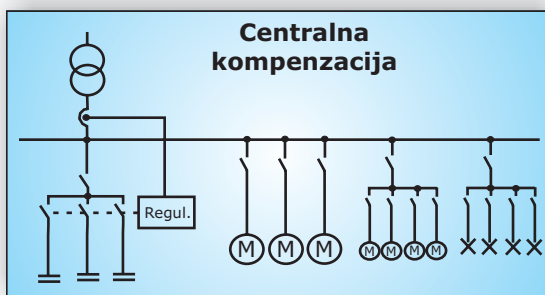
Jalova struja i gubici na ovaj se način smanjuju samo u razdjelnim vodovima a ne u vodovima između razdjelnika i potrošača. Iz ekonomičnih razloga često se veća rasvjetna postrojenja kompenziraju u grupama.

Centralna (središnja) kompenzacija

Pogoni s promjenljivim potrebama jalove snage ne dopuštaju čvrstu kompenzaciju, obzirom da može doći do neekonomične potkompenciacije ili opasne prekompenciacije. Potrebna snaga kondenzatora mora se dakle prilagoditi promjenljivim potrebama jalove snage. Ovdje su posebno pogodna centralno smještena kompenzacijska postrojenja.

Za centralnu kompenzaciju koriste se regulacijske jedinice jalove snage, koje su izravno dodijeljene sklopnom postrojenju, razdjelniku ili podrazdjelniku. (Slika 6)

Regulacijske jedinice sadrže, osim energetskog dijela sa sklopnim uređajima i kondenzatorima, regulator jalove snage, koji na mjestu napajanja mjeri jalovu snagu. Kod odstupanja izmjerene od zadane vrijednosti faktora snage on prema potrebi uključuje ili isključuje kondenzatore stupnjevito.



Slika 6

Prednosti centralne kompenzacije:

- snaga kondenzatora automatski se prilagođava potrebnoj jalovoj snazi potrošača
- relativno je jednostavna naknadna ugradba modula ili jedinica za proširenje
- središnjim položajem moguć je lakši nadzor

Izbor najpovoljnije vrste kompenzacije

Kod odluke, da li će se pojedini potrošači najpovoljnije kompenzirati s kondenzatorskim fiksnim stupnjem ili centralnom regulacijskom jedinicom, treba razmotriti gospodarske i tehničke aspekte postrojenja.

Pojedinačno je isplativo kompenzirati veća trošila koja su u konstantnom radu i bez većih promjena opterećenja.

S obzirom na zahtjeve distribucije da prosječni faktor snage kod potrošača bude između 0,95 induktivno i 0,95 kapacitivno, da kompenzacijski uređaji ne prigušuju MTU signale, kao i svakim danom sve veće prisustvo viših harmonika u mreži, treba odabrati automatski regulirani uređaj za kompenzaciju, adekvatne izvedbe.

Smanjenje struje i strujnih toplinskih gubitaka uslijed ugradbe kondenzatora

cos φ 1 Nekom- penzirano	cos φ 2 Kompen- zirano	Smanjenje struje i prividne snage u postocima	Smanjenje gubitaka (I^2R) u postocima
0,5	0,9	44%	69%
0,5	1,0	50%	75%
0,6	0,9	33%	55%
0,6	1,0	40%	64%
0,7	0,9	22%	39%
0,7	1,0	30%	51%
0,8	1,0	20%	36%

Iz gornje tablice vidljiva je korist ugradnje kompenzacije npr. na kraju duljeg priključnog voda. Optimalnom kompenzacijom može se rasteretiti kabel, kao i smanjiti pad napona u respektabilnoj veličini.

ODREĐIVANJE KOMPENZACIJSKE SNAGE U PROJEKTU

Elektroprivredno distributivno poduzeće u elektroenergetskoj suglasnosti za priključak novih potrošača zahtjeva da faktor snage $\cos \varphi$ bude u granicama 0,95 do 1 induktivno. Stoga u projektu elektroenergetskih instalacija za nove objekte treba predvidjeti uređaj za kompenzaciju jalove snage.

Potrebnu snagu uređaja za kompenzaciju jalove snage možemo izračunati iz sljedećih podataka:

- vršna snaga P (kW)
- faktor snage postrojenja kojeg kompenziramo ($\cos \varphi_1$)
- faktor snage kojeg želimo postići kompenzacijom ($\cos \varphi_2$)

Snaga uređaja za kompenzaciju Q (kvar) izračuna se kao:

$$Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Vršna snaga je umnožak instalirane snage P_i , faktora opterećenja f_o i faktora istodobnosti f_i . Faktor snage postrojenja kojega kompenziramo ($\cos \varphi_1$) ovisi o vrsti i režimu rada trošila. Može se procijeniti iz podataka u sljedeće tri tablice.

Orijentacijske vrijednosti za srednji $\cos \varphi$ ovisno o postrojenju

Vrsta uređaja	srednji $\cos \varphi$
Postrojenja za sušenje drva	0,80 do 0,90
Rashladni uređaji	0,60 do 0,70
Strojevi za zavarivanje	0,40 do 0,65
Mali do srednji alatni strojevi	0,40 do 0,80
Veliki alatni strojevi	0,65 do 0,70
Dizalična postrojenja	0,50 do 0,60
Ventilatori	0,70 do 0,80
Crpke za vodu	0,80 do 0,85
Kompresori	0,70 do 0,80

Orijentacijske vrijednosti za srednji $\cos \varphi$ ovisno o potrošaču

Vrsta potrošačkog postrojenja	srednji $\cos \varphi$
Pekarska industrija	0,60 do 0,70
Industrija mesa	0,60 do 0,70
Tvornice namještaja	0,60 do 0,70
Pilane	0,55 do 0,65
Mljekare	0,60 do 0,80
Mehanički pogoni	0,50 do 0,60
Servisi za automobile	0,70 do 0,80

Orijentacijske vrijednosti za srednji $\cos \varphi$ ovisno o opterećenju

Dio opterećenja	100%	75%	50%	25%
Mali motori	0,84	0,81	0,70	0,54
Veliki motori	0,90	0,88	0,84	0,70

Kompenzacijom najčešće želimo postići faktor snage ($\cos \varphi_2$) između 0,95 i 1. Za eliminiranje plaćanja prekomjerno preuzete jalove energije dovoljno je postići $\cos \varphi_2 = 0,95$.

Da bi imali rezervu u snazi kompenzacijskog uređaja za eventualno proširenje potrošačkog postrojenja, te zbog opadanja kapaciteta kondenzatora uslijed starenja, preporučljivo je u projektu dimenzionirati automatski kompenzacijski uređaj za $\cos \varphi_2 = 0,99$ ili 1.

Primjer 1:	<p>$P = 460 \text{ kW}$ $\cos \varphi_1 = 0,72 \rightarrow \tan \varphi_1 = 0,964$ $\cos \varphi_2 = 0,99 \rightarrow \tan \varphi_2 = 0,142$ $Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 460 \cdot (0,964 - 0,142) = 378 \text{ kvar}$ Odabrati treba prvi veći tipski uređaj tj. 400 kvar.</p>
Primjer 2:	<p>$P = 720 \text{ kW}$ $\cos \varphi_1 = 0,80 \rightarrow \tan \varphi_1 = 0,75$ $\cos \varphi_2 = 1,00 \rightarrow \tan \varphi_2 = 0,00$ $Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 720 \cdot (0,75 - 0,00) = 540 \text{ kvar}$ Odabrati treba prvi veći tipski uređaj tj. 600 kvar.</p>

ODREĐIVANJE KOMPENZACIJSKE SNAGE PO RAČUNU ZA STRUJU

Na mjesečnom računu za isporučenu (potrošenu) električnu energiju možemo pročitati:

- radna energija (kWh)
- jalova energija (kVArh)
- prekomjerno preuzeta jalova energija (kVArh)
- snaga (kW)
- faktor snage $\cos \varphi$ (na računima nekih distributivnih područja)

Prema Tarifnom sustavu prekomjerno preuzeta jalova energija (kVArh) je pozitivna razlika između stvarno preuzete jalove energije i jalove energije koja odgovara faktoru snage $\cos \varphi = 0,95$, odnosno to je preuzeta jalova energija koja prelazi 33% preuzete radne energije.

Iz računa za struju uzmu se vrijednosti za snagu, radnu i jalovu energiju:

Primjer 1: (tiskara)	<p>$P = 376 \text{ kW}$ Radna energija = 102.860 kWh Jalova energija = 115.840 kVArh želimo $\cos \varphi_2 = 0,99 \rightarrow \tan \varphi_2 = 0,142$</p> <p>$\tan \varphi_1 = \text{Jalova energija} / \text{Radna energija}$ $\tan \varphi_1 = 115.840 / 102.860 = 1,126 \rightarrow \cos \varphi_1 = 0,664$ $Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 376 \cdot (1,126 - 0,142) = 370 \text{ kvar}$ Odabrati treba prvi veći tipski uređaj tj. 400 kvar.</p>
---------------------------------	--

Primjer 2: (hotel)	<p>$P = 304 \text{ kW}$ Radna energija = 101.392 kWh Jalova energija = 80.432 kVArh želimo $\cos \varphi_2 = 0,99 \rightarrow \tan \varphi_2 = 0,142$</p> <p>$\tan \varphi_1 = \text{Jalova energija} / \text{Radna energija}$ $\tan \varphi_1 = 80.432 / 101.392 = 0,793 \rightarrow \cos \varphi_1 = 0,783$ $Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 304 \cdot (0,793 - 0,142) = 198 \text{ kvar}$ Odabrati treba prvi veći tipski uređaj tj. 200 kvar.</p>
-------------------------------	--

U elektroopskrbnim mrežama uređaji daljinskog tonfrekventnog upravljanja rabe se za više postupaka preklapanja (promjene tarife, rasterećenja, upravljanje javnom rasvjetom i drugo).

Napon MTU impulsa mora biti toliki da u dovoljnoj mjeri bude iznad radnog napona MTU prijarnika (IEC 1037). Time je zajamčena potrebna sigurnost u odnosu na napone smetnji. Potrošačka postrojenja ne smiju nedopušteno smanjivati MTU napon i ne smiju stvarati napone smetnji u opsegu MTU frekvencije (viši harmonici, međuharmonici).

Kada su u potrošačkim mrežama ugrađeni kondenzatori, mogu već i kod malih napona signala teći razmjerno velike tonfrekventne struje, jer se otpor kondenzatora odnosi obrnuto razmjerno prema frekvenciji. Stoga tonfrekventni (MTU) odašiljači mogu biti preopterećeni, a u blizini kondenzatora, može napon signala pasti ispod vrijednosti odziva MTU prijarnika. Da bi se to spriječilo, uređaje za kompenzaciju treba odabrati prema PREPORUKAMA ZA IZBJEGAVANJE NEDOPUŠTENIH POVRATNIH UTJECAJA NA MREŽNO TONFREKVENCIJSKO UPRAVLJANJE (Njemačke VDEW preporuke iz 1993.).

Prema tim preporukama **u mrežama bez prisustva viših harmonika**, s frekvencijom MTU signala **manjom od 250 Hz**, uređaji za kompenzaciju snage do 35% nazivne snage pripadajućeg energetskog transformatora, mogu se koristiti bez prigušnica i bez tonfrekventnih zaporima. Za veće snage uređaje za kompenzaciju treba opremiti tonfrekventnim zaporima.

Za frekvencije MTU signala veće od 250 Hz, kondenzatori i kompenzacijski uređaji trebaju biti opremljeni tonfrekventnim zaporima, ako im je snaga veća od 10 kvar.

U mrežama sa značajnijim **prisustvom viših harmonika** (udio nelinearnih potrošača veći od 15%), moraju se koristiti prigušeni uređaji za kompenzaciju koji na MTU frekvenciji imaju induktivnu impedanciju. Kako je udio nelinearnih potrošača najčešće veći od 15%, praktična primjena tonfrekventnih zaporima je rijetka. Veličinu prigušenja kompenzacijskog uređaja treba odabrati prema MTU frekvenciji:

Za frekvencije MTU signala $f_{MTU} < 250 \text{ Hz} \rightarrow p = 14\%$

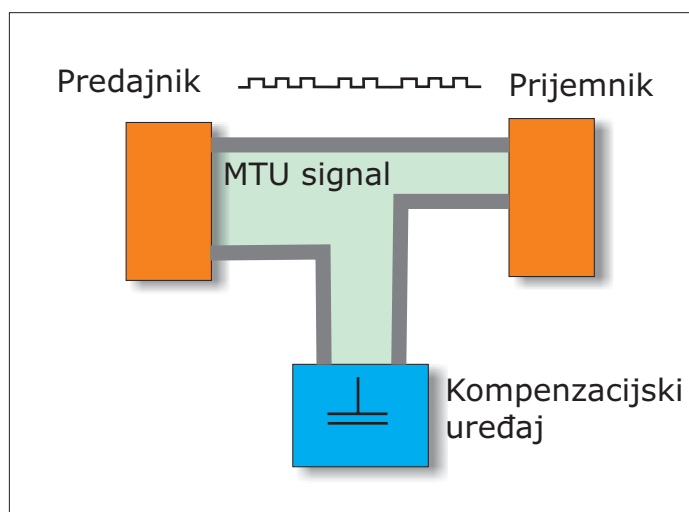
Za frekvencije $250 \text{ Hz} < f_{MTU} < 350 \text{ Hz} \rightarrow p \geq 7\%$

Za frekvencije $f_{MTU} > 350 \text{ Hz} \rightarrow p \geq 5\%$ (obično 5,67%)

Tablica s frekvencijama MTU signala po distributivnim područjima u Hrvatskoj nalazi se u dodatku.



QANM 062 automatski neprigušeni kompenzacijski uređaj 62,5 kvar, sa zaporom za frekvenciju MTU



Blok dijagram mreže s MTU komandom i kompenzacijskim uređajem

5

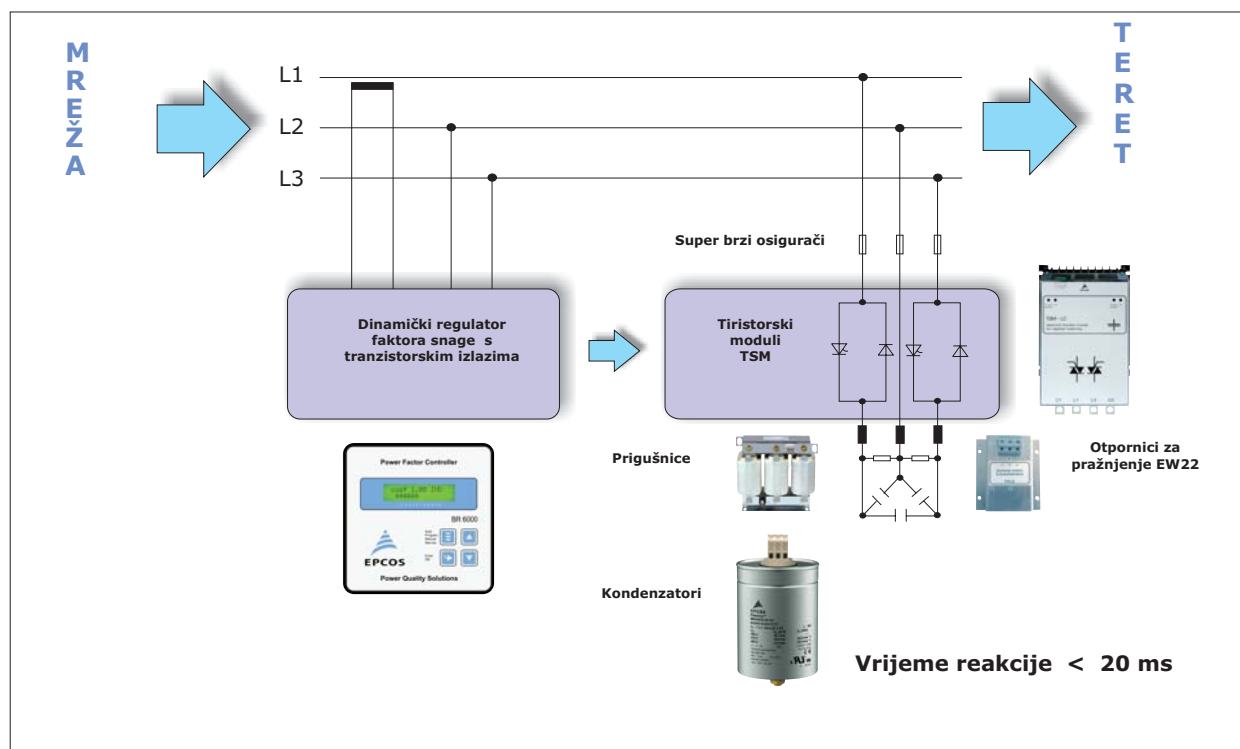
Kompensacija u mrežama s potrošačima brzog ritma

U mrežama s potrošačima brzog ritma vrlo su problematični vrlo visoki udari jalovog opterećenja, prouzročeni od velikih potrošača koji rade u impulsnom režimu i često na dva vodiča. To su na primjer preše, uređaji za zavarivanje, indukcijske peći, liftovi, kranovi. Primjenom uobičajenih kondenzatorskih sklopova ne može se na ove promjene reagirati dovoljno brzo, pri čemu neprigušeno preklapanje velikih kapacitivnih tereta često dovodi do dodatnih kolebanja u mreži. Posljedice su viši pad napona, naponski vrhovi i treperenje svjetla, nesimetrija jalovog opterećenja. Poboljšanje kvalitete mreže bitna je mjera za stvaranje sigurne opskrbe električnom energijom.

Za korekciju faktora snage u mrežama s potrošačima brzog ritma koriste se kompenzatori s dinamičkim odzivom. Dinamički kompenzatori za uklapanje kondenzatora umjesto sklopnika koriste elektroničke sklopke - **tiristorske module** - koji omogućuju neograničen broj sklapanja i ekstremno brzu reakciju kod promjene opterećenja. Tiristorski modul preklapa kondenzatore na mrežu neovisno o njihovom radnom stanju bez uklopnog strujnog udara. Zbog toga nije potrebno pražnjenje kondenzatora kao pretpostavka za uključenje.

Prednosti upotrebe dinamičkih kompenzatora:

1. Eliminacija reaktivne snage koju zahtijevaju potrošači s brzim promjenama opterećenja, što rasterećuje energetske sustav i smanjuje izdatke za električnu energiju
2. Brzo preklapanje kondenzatora, bez vremena zatezanja za pražnjenje kondenzatora (< 20 ms)
3. Smanjenje investicijskih troškova za novu opremu (distributivna oprema, transformatori, kabeli i sl.) kroz smanjenje vršnih opterećenja
4. Stabiliziranje mrežnog napona, izbjegavanje naponskih propada koji se javljaju npr. kod korištenja aparata za točkasto zavarivanje
5. Izbjegavanje flikera
6. Sklapanje bez tranzijentnih pojava
7. Produljenje životnog vijeka uređaja za kompenzaciju
8. Nema prekompenzacije
9. Nema buke kod sklapanja jedinica snage



Principijelna shema dinamičkog kompenzatora

Općenito

Mreže niskog i srednjeg napona vode, u sve većoj mjeri, pored struje osnovne frekvencije 50 Hz također i struje viših harmonika.

Sadržaj viših harmonika ovisan je o više čimbenika i stoga vrlo različit. Višim harmonicima mogu električni potrošači biti preopterećeni.

Ometajuća djelovanja uslijed viših harmonika u opskrbenj mreži i na priključenim potrošačima bit će vlasnicima električnih pogona tek tada poznate, kada nastupe skupe smetnje u radu i pojavi se potreba za većim popravcima.

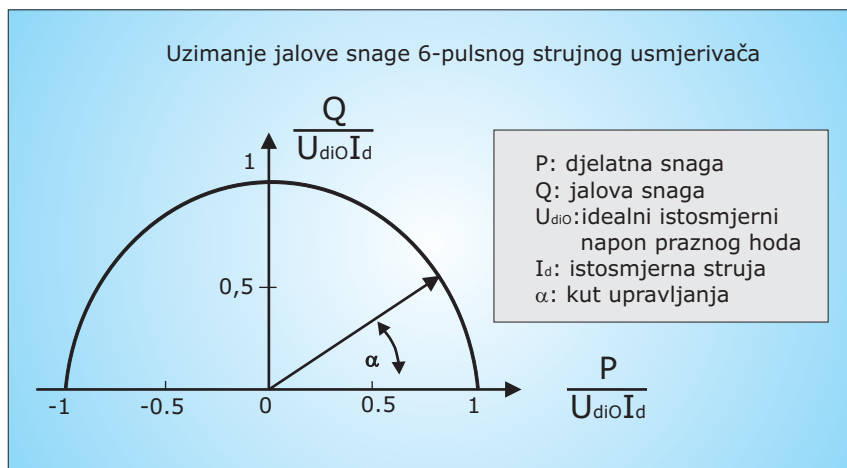
Nastajanje viših harmonika

Idealne struje i naponi sinusnog oblika pojavljuju se samo u mrežama s linearnim potrošačima.

U današnjim suvremenim industrijskim mrežama se uz linearne potrošače sve više ugrađuju nelinearni potrošači čiji pretežni dio čine strujni usmjerivači.

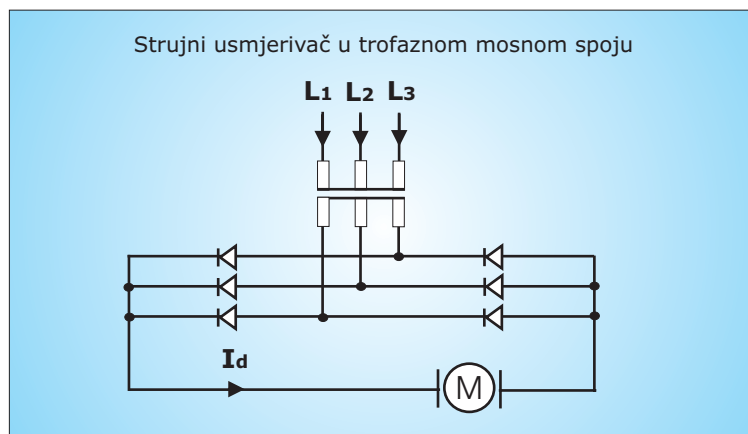
Strujni usmjerivači trebaju induktivnu jalovu snagu i oni proizvode više harmonike.

Kašnjenje strujnog toka prema prolazu kroz nulu faznog napona, uslijed početnog kuta α strujnog usmjerivača, određuje potrebu jalove snage strujnog usmjerivača. Ona može biti maksimalno toliko velika kolika je nazivna snaga strujnog usmjerivača. (Slika 1)



Slika 1

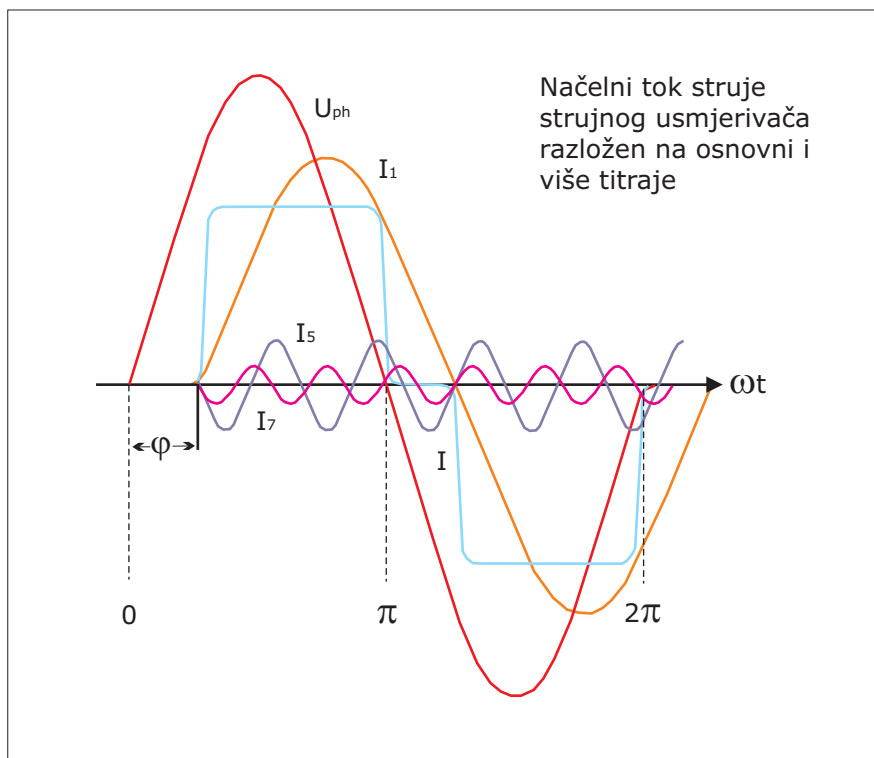
Uz neophodno uzimanje jalove snage predstavlja svaki strujni usmjerivač generator viših harmonika. Pritom su generirane frekvencije viših harmonika ovisne o broju pulseva, tj. kako se često za vrijeme jedne periode događa usmjeravanje (ispravljanje). Najčešće primjenjivani trofazni mosni spoj prema slici 2 je šest-pulsni.



Slika 2

6

Razloži li se dobivena opteretna struja strujnog usmjerivača s pomoću Fourierove analize, dobivaju se pored osnovnog titraja frekvencije mreže, redom viši titraji. (Slika 3)



Slika 3

$$v = p \cdot k \pm 1$$

$$uz \quad v = f_v / f_1$$

f_v : frekvencije višeg titraja

f_1 : frekvencija osnovnog titraja (mrežna frekvencija = 50 Hz)

p : broj pulseva

k : prirodni broj (1,2,3...)

Struje viših titraja uzrokuju na mrežnim impedancijama izobličenje mrežnog napona (Slika 4)



Slika 4

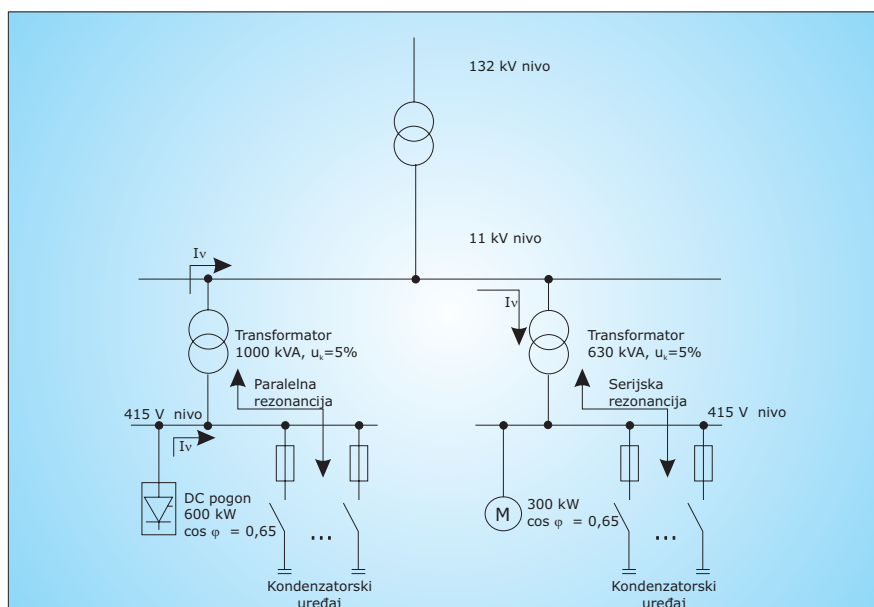
Ako se u pogonima s prisustvom viših harmonika za kompenzaciju jalove snage primijene neprigušeni kondenzatori može doći do povećanih problema.

Rezonancija

- Harmonici mogu preopteretiti kondenzatore za kompenzaciju jalove snage prenaponima i povećanim strujama na frekvencijama viših harmonika zbog smanjenja reaktancije kondenzatora na višim frekvencijama.
- Mnogo kritičnija situacija je kada kompenzacijski kondenzator i induktiviteti transformatora i mreže čine jedan paralelni titrajni krug. Njihova impedancija poprima pri rezonantnoj frekvenciji titrajnog kruga vrlo visoku razinu. Leži li rezonantna frekvencija u blizini frekvencija, koje su uzrokovane izvorom viših harmonika, tada će ove struje viših titraja biti narinute na visoku impedanciju titrajnog kruga. Time prouzročeni veliki pad napona ima sa svoje strane za posljedicu vrlo velike struje titrajnog kruga koje na postrojenje mogu djelovati kao smetnja ili razaranja.

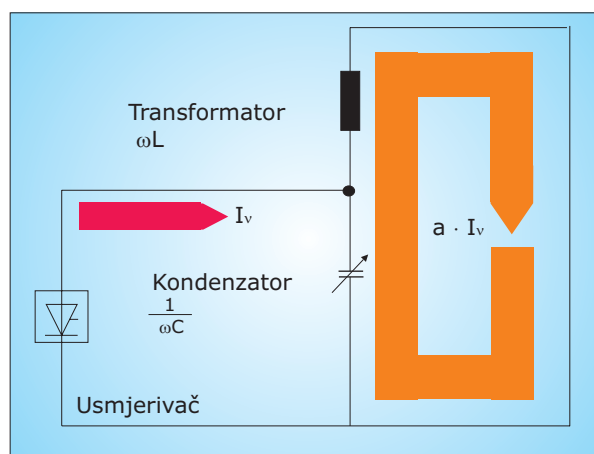
Primjeri pojave paralelne i serijske rezonancije u jednom elektroenergetskom postrojenju prikazani su na slici 5.

Rezonancija je jedan od glavnih razloga kvarova i smanjenja uporabnog vijeka uređaja za kompenzaciju jalove snage.

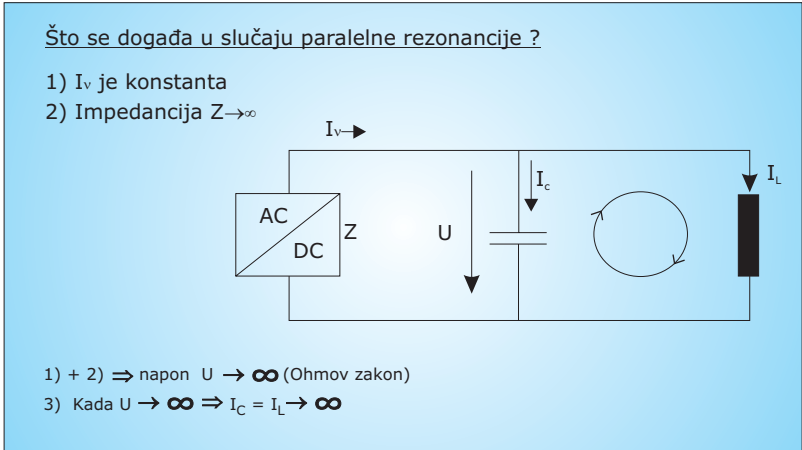


Slika 5

Paralelna rezonancija



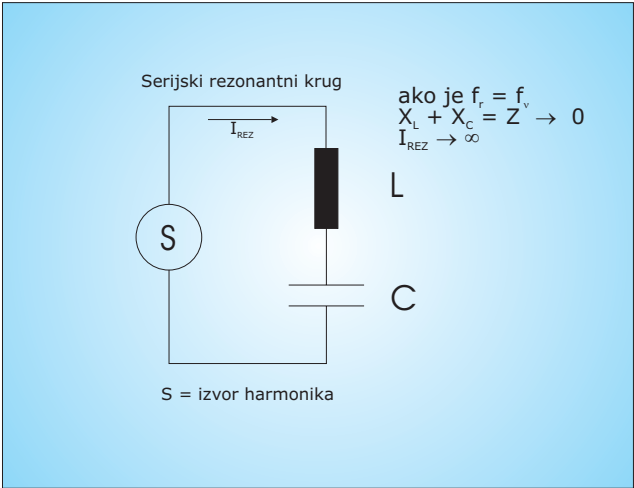
Slika 6



Slika 7

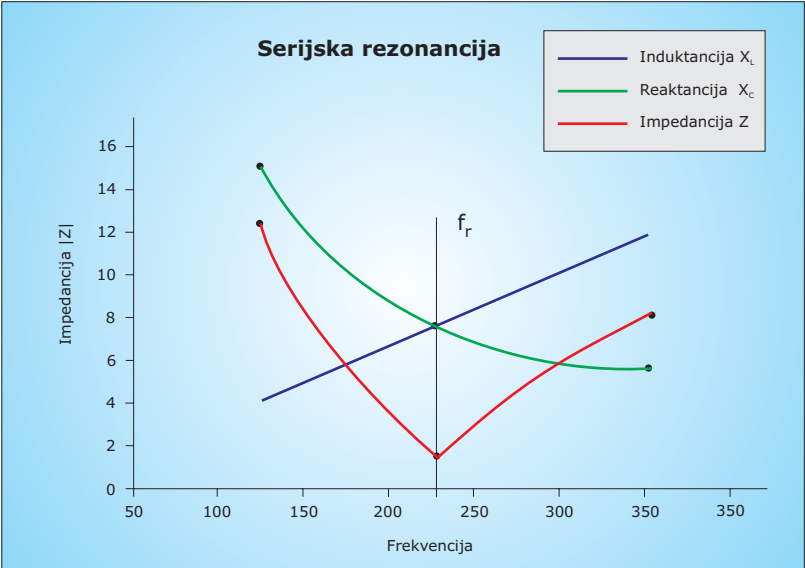
Serijska rezonancija

Serijski rezonantni krug tvori serijski spoj induktivnog otpora X_L i kapacitivnog otpora X_C spojen na izvor viših harmonika (Slika 8).



Slika 8

Frekventnu karakteristiku impedancije serijskog titrajnog kruga prikazuje slika 9.



Slika 9

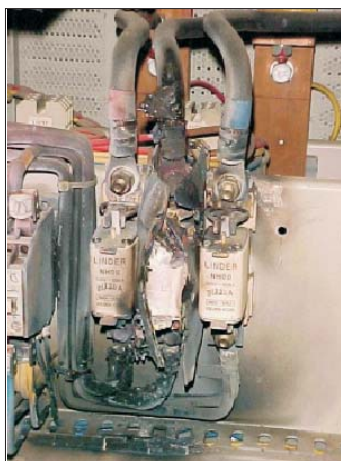
U pogonskom sistemu s prisutnim harmonicima na primarnoj strani transformatora, transformator zajedno s kondenzatorima na niskonaponskoj strani tvori serijski rezonantni krug za višenaponsku stranu. Ako je rezonantna frekvencija LC kombinacije blizu egzistirajuće harmoničke frekvencije dolazi do naponskog i strujnog preopterećenja.

Problemi uzrokovani harmonicima

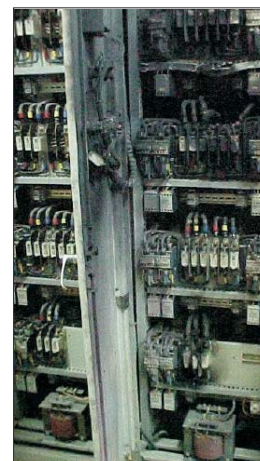
Slike 10, 11 i 12 pokazuju praktične posljedice rezonancije na frekvencijama viših harmonika.



Slika 10



Slika 11



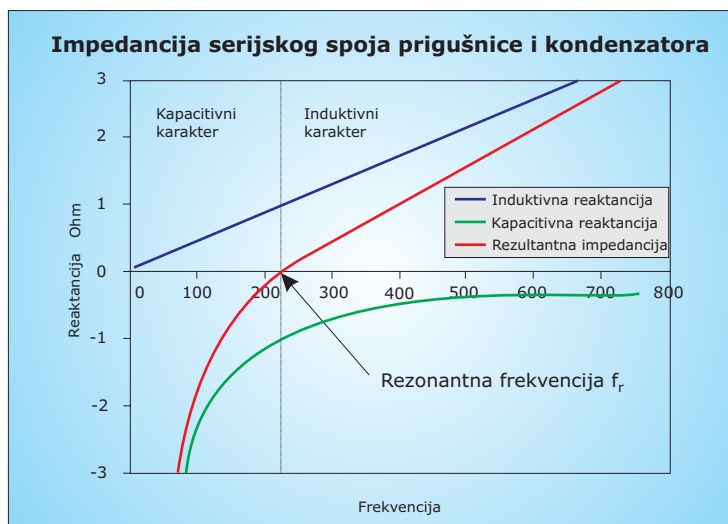
Slika 12

Mjere za sprječavanje rezonancije

Rezonantna frekvencija f_r induktiviteta transformatora i pogonskih potrošača s kapacitetom kondenzatorskih uređaja uvijek postoji. Samo je pitanje da li će se pojaviti viši harmonik čija je frekvencija blizu rezonantne frekvencije f_r pa da nastanu rezonantni problemi s prije navedenim posljedicama.

Da bi se učinci rezonancije izbjegli, spaja se u seriju s kompenzacijskim kondenzatorom antirezonantna prigušnica. Serijski titrajni krug od svitka prigušnice i kondenzatora ugađa se na rezonantnu frekvenciju, koja leži ispod najnižeg dolazećeg višeg harmonika. Pritom se snaga prigušnice određuje u postotku (faktor prigušenja p) prema snazi kondenzatora, u odnosu na osnovni titraj. Prigušeni kondenzatori nazivaju se i razgođeni filterski krugovi.

Dijagram na slici 13 prikazuje frekventnu karakteristiku impedancije razgođenog filterskog kruga (serijskog spoja prigušnice i kondenzatora).



Slika 13

Tablica pokazuje faktore prigušenja uobičajene u praksi.

Kao što se vidi, s rastućim razgođenjem (p vrijednost) smanjuje se usisno djelovanje a time i učinak čišćenja mreže.

Faktor prigušenja	Rezonantna frekvencija	Usisavanje 5. harmonika
$p = 5,67 \%$	210 Hz	30 % - 50 %
$p = 7 \%$	189 Hz	10 % - 20 %
$p = 14 \%$	134 Hz	0

U postrojenjima gdje snaga nelinearnih potrošača iznosi preko 50 % ili kod zahtjeva za smanjenje vlastitih viših harmonika, treba rabiti ugođene filterske krugove.

Kod ugođenih filterskih krugova prigušnice se dimenzioniraju tako, da zajedno s kondenzatorima čine serijske titrajne krugove. Rezonantna frekvencija jednog takvog filterskog kruga identična je s jednom od frekvencija višeg harmonika ili joj je vrlo blizu.

Korekcija faktora snage i harmonički filteri

Prilikom instaliranja kondenzatora u svrhu korekcije faktora snage (PFC), ponekad se suočavamo s problemom harmonika. Harmonici se moraju uzeti u obzir kada se projektira PFC sistem kako bi se spriječilo nastajanje paralelnih i serijskih rezonantnih uvjeta koji bi oštetili cijeli električni sistem.

Kod povezivanja PFC kondenzatora, induktivitet transformatora zajedno s kondenzatorima tvori rezonantni strujni krug koji bi mogao biti pobuđen harmoničkom strujom koju stvara potrošač. Taj rezonantni strujni krug uvijek ima rezonantnu frekvenciju i ukoliko postoji harmonička struja iste frekvencije, strujni krug će doći u rezonanciju gdje visoke struje prolaze granama (L: induktivitet transformatora i C: kapacitet kondenzatora) preopterećujući ih i podižući napon na njima kao i cijelom električnom sistemu koji je paralelno priključen.

PFC neugođeno filtriranje je tehnika korekcije faktora snage kojom se izbjegava rizik rezonancije tako da se frekvencija rezonancije prebacuje na niže vrijednosti gdje nema harmoničkih struja.

To se postiže modificiranjem osnovnog LC strujnog kruga kojeg tvori transformator i kondenzatorski uređaj, uvođenjem filterske prigušnice u seriji s kondenzatorima, tvoreći tako složeniji rezonantni strujni krug, ali s rezonantnom frekvencijom nižom od prvog postojećeg harmonika. Na taj način je onemogućen nastanak pravih rezonantnih uvjeta.

Pored ovog glavnog cilja, prigušnica povezana u seriju s kondenzatorima tvori serijski rezonantni strujni krug s određenom frekvencijom ugađanja na kojoj će ta grana otvoriti niski put impedancije za harmoničku struju te određene frekvencije. Ukoliko odaberemo frekvenciju ugađanja blizu one koju ima jedna od harmoničkih struja, još će više struje tog harmonika prolaziti kroz nju umjesto kroz ostale potrošače povezane u paralelu dovodeći tako do efekta filtriranja.

Komponente za PFC neugođene filtere moraju biti pažljivo odabrane u skladu se željenom PFC svrhom, s harmonicima prisutnima u sistemu, s nekim karakteristikama sistema poput snage i impedancije kratkog spoja, sa željenim učinkom filtriranja i s karakteristikama konfiguracije rezonantnog strujnog kruga.

Na primjer, napon kondenzatora će biti viši od nominalnog mrežnog napona kada imaju serijski povezanu prigušnicu.

Prigušnice moraju biti odabrane prema induktivnoj vrijednosti potrebnoj za nastanak željene frekvencije ugađanja kao i dovoljno velikoj sposobnosti da apsorbira očekivane harmoničke struje. PFC neugođeno filtriranje je inženjerska specijalnost koja traži stručno znanje kako bi se ono obavilo na zadovoljavajući i siguran način. Na sljedećoj strani naći ćete smjernice za ispravan odabir uređaja za kompenzaciju jalove snage.

10 najboljih savjeta za vrhunske performanse PFC-DF (uređaja za kompenzaciju jalove snage)

1. Odredite potrebnu efektivnu snagu (kvar) kondenzatorskog uređaja kako biste dobili željeni PF (faktor snage $\cos \varphi$).

2. Formirajte stupnjeve kondenzatora na takav način da osjetljivost uređaja bude oko 15-20% cjelokupne raspoložive snage. Osjetljiviji uređaji koji reagiraju s 5-10% cjelokupne snage nisu korisni jer bi doveli do velikog broja sklapanja, čime bi se oprema nepotrebno trošila jer je njen stvarni cilj postizanje visokog prosječnog faktora snage.

3. Pokušajte formirati uređaje sa standardnim vrijednostima stupnjeva efektivne snage, koji bi, po mogućnosti, bili višekratnici 25 kvar.

4. Izmjerite prisustvo harmoničkih struja u glavnom napojnom kabelu sistema bez kondenzatora, u svim mogućim uvjetima opterećenja. Izračunajte ukupnu harmoničku distorziju struje

$$\text{THD - I} = 100 \cdot \frac{\sqrt{[(I_3)^2 + (I_5)^2 + \dots + (I_N)^2]}}{I_1}$$

$$\text{Izračunajte svaku postojeću HD-}I_N = 100 \cdot \frac{I_N}{I_1}$$

5. Izmjerite da li postoje harmonički naponi koji bi mogli dolaziti iz mreže u vaš sistem, po mogućnosti izmjerite visoko naponsku stranu. Izračunajte napon ukupne harmoničke distorzije:

$$\text{THD - V} = 100 \cdot \frac{\sqrt{[(V_3)^2 + (V_5)^2 + \dots + (V_N)^2]}}{V_1}$$

6. Da li postoje harmoničke distorzije $\text{TDH-I} > 10\%$ ili $\text{TDH-V} > 3\%$? (mjereno bez kondenzatora) Ukoliko POSTOJE, koristite harmonički filter i idite na savjet broj 7.

Ukoliko NE POSTOJE, koristite standardni PFC (uređaj za korekciju faktora snage) i preskočite savjete 7, 8 i 9.

7. Da li postoji treća harmonička struja, $\text{HD-I}_3 > 0,2 \text{ HD-I}_5$?

Ukoliko POSTOJI, koristite harmonički filter s $p=14\%$, i preskočite savjet broj 8.

Ukoliko NE POSTOJI, koristite harmonički filter s $p=7\%$ ili $5,67\%$ i idite na savjet broj 8.

8. THD-V je:

- 3 - 7% upotrijebite harmonički filter s $p=7\%$ (standardna apsorpcija harmonika)
- 7 - 10% upotrijebite harmonički filter s $p=5,67\%$ (za veću apsorpciju harmonika)
- > 10% upotrijebite specijalno dizajnirani harmonički filter

9. Odaberite ispravne komponente koristeći EPCOS tabele za harmoničke filtere, standardne vrijednosti efektivne snage, napon i frekvenciju svoje mreže te određeni faktor prigušenja p.

10. Uvijek koristite originalne EPCOS-ove specijalno dizajnirane komponente za harmoničke filtere. Molimo vas da uočite da su prigušnice specificirane za svoju efektivnu snagu na mrežnom naponu i frekvenciji. Ova snaga će biti stvarna efektivna snaga cijelog LC sklopa na osnovnoj frekvenciji. Kondenzatori harmoničkih filtera moraju se odabrati za više nazivne napone od onog mrežnog, zbog povećanja napona koji nastaje serijskim povezivanjem s prigušnicom.

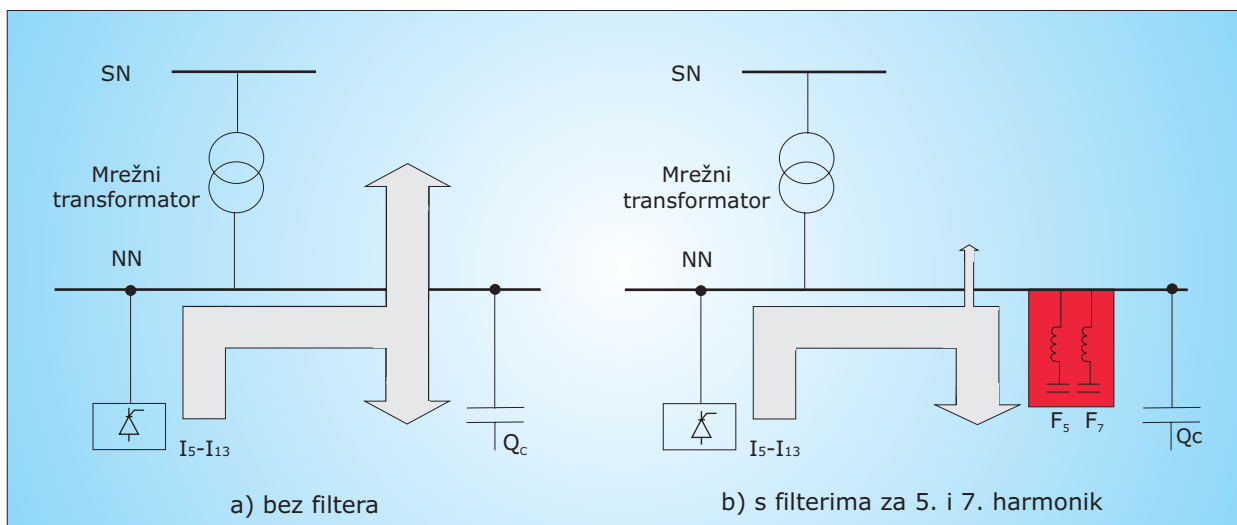
11. NAJBOLJI SAVJET

Ako nemate vremena i/ili mogućnosti postupanja po savjetima 1. do 10. obratite se ERG-u, koji će to učiniti za Vas.

Pasivni filteri

U slučaju kada intenzitet viših harmonika u mreži prekoračuje dozvoljenu granicu, potrebno je poduzeti mjere za njihovo suzbijanje. Najefikasnija mjera je ugradnja filtera na mjestu nastanka viših harmonika tj. u potrošačkim postrojenjima u kojima se nalaze strujni usmjerivači, uređaji za besprekidna napajanja (UPS), fluorescentna rasvjeta i drugi izvori viših harmonika. Filteri predstavljaju za više harmonike kratki spoj te se zbog toga često nazivaju i apsorpcijski filteri.

Pasivni filteri su izvedeni kao serijski titrajni krugovi prigušnice i kondenzatora, a priključuju se na sabirnice paralelno s ostalim potrošačima. Rezonantna frekvencija filtera odgovara frekvenciji harmonika kojeg treba eliminirati, što znači da za svaki harmonik treba jedan pasivni filter. Ukupni broj filtera koje treba ugraditi ovisi o broju očekivanih harmonika. S obzirom na značajno prisustvo 5., 7., 11. i 13. harmonika u potrošačkim postrojenjima najčešće se ugrađuju filteri do 13. harmonika, a tek u izuzetnim slučajevima do 25. harmonika. Primjer jednog takvog postrojenja bez filtera te s ugrađenim filterima za 5. i 7. harmonik prikazan je na slici 1.



Slika 1. Raspodjela struja viših harmonika

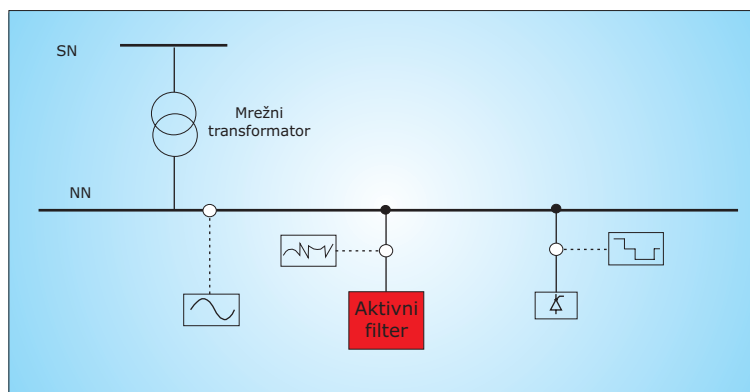
Prilikom projektiranja pasivnog filtera treba voditi računa o ukupnom opterećenju filtera, kako za osnovni tako i za rezonantni harmonik, te o naponu osnovnog harmonika na kondenzatoru koji se povećava zbog serijski priključene prigušnice.

ERG može izraditi i instalirati pasivne filtere sastavljene od visokokvalitetnih prigušnica i kondenzatora proizvodnje EPCOS-SIEMENS.

Pasivni filteri su na osnovnoj (mrežnoj) frekvenciji kapacitivni teret te mogu dovesti do prekompenzacije. S druge strane teško ih je štiti od preopterećenja, te ukoliko je potrebno značajnije filtriranje mreže, svakako su za preporučiti aktivni filteri.

Aktivni filteri

U potrošačkim postrojenjima s nepoznatim i promjenjivim intenzitetom viših harmonika primjena pasivnih filtera ne daje zadovoljavajuće rezultate jer se princip rada tih filtera zasniva na apsorpciji točno određenog višeg harmonika, stoga se oni ne mogu prilagođavati promjenama u mreži. Za razliku od njih, princip rada aktivnih filtera utemeljen je na mjerenju intenziteta viših harmonika i stvaranju odgovarajućih struja viših harmonika suprotnog predznaka, te se na taj način mogu eliminirati strujna i naponska izobličenja bez obzira na njihovu promjenljivost. Aktivni filteri se priključuju na sabirnice potrošačkog postrojenja paralelno izvoru viših harmonika kao što je prikazano na slici 2.

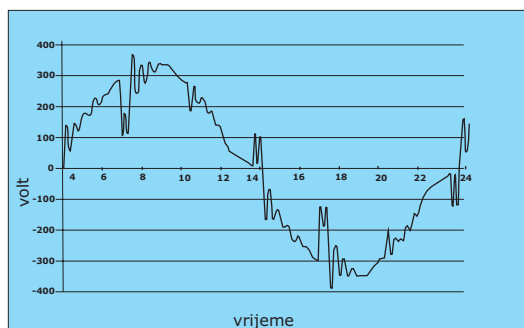


Slika 2. Princip rada aktivnog filtera

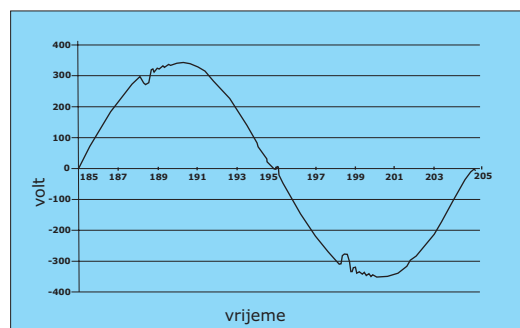
Aktivni filteri moraju biti opremljeni odgovarajućim mjernim uređajima za utvrđivanje intenziteta svakog pojedinog harmonika. Izmjerene analogne veličine se zatim pretvaraju u digitalne signale na temelju kojih se kreiraju odgovarajući oblici signala korištenjem tzv. PWM (*Pulse Width Modulation*) tehnologije. Ovako koncipirani aktivni filteri u stanju su eliminirati više harmonike do 40., a neki i do 50. harmonika, što dodatno utječe na poboljšanje kvalitete električne energije.

Pored osnovne funkcije filtriranja viših harmonika u mreži, aktivni filteri se mogu koristiti i kao kompenzatori jalove snage. U usporedbi sa standardnim kondenzatorskim baterijama aktivni filteri omogućavaju kontinuiranu kompenzaciju, koja osim u kapacitivnom, može raditi i u induktivnom režimu rada.

Slika 3a prikazuje valni oblik napona u mreži sa značajnim udjelom nelinearnih potrošača. Slika 3b prikazuje valni oblik napona iste mreže nakon instaliranja aktivnog filtera.



Slika 3a. Bez aktivnog filtera



Slika 3b. S aktivnim filterom

Aktivni filteri se izrađuju za jednofazne i trofazne sustave nazivnog napona 400 V, 525 V ili 690 V, s rasponom snage od 70 kVA do 1000 kVA. Za određivanje karakteristika aktivnog filtera potrebno je mjerenjem ustanoviti struje viših harmonika koje treba filtrirati te potrebnu snagu kompenzacije. **ERG** može izvršiti harmoničke analize te isporučiti i instalirati aktivni filter potrebne snage i karakteristika.

MKK PhaseCap Premium kondenzatori

Općenito

MKK kondenzatori u cilindričnim aluminijskim kućištima su predviđeni za korekciju faktora snage u niskonaponskim mrežama. Potrošači poput motora i transformatora troše aktivnu kao i reaktivnu snagu. Generatori, opskrbeni kabeli te ostala oprema za distribuciju električne energije bi, naprotiv, trebali biti pošteđeni reaktivne snage.

Kondenzator izveden u MKK tehnici AC serije (5 do 50 kvar) svojim malim dimenzijama po kvar snage smanjuje volumen kondenzatorskih uređaja te tako smanjuje troškove kompenzacijskih uređaja. Ostale prednosti cilindričnog aluminijskog kućišta su poboljšana toplinska disipacija te pojednostavljena montaža. Ono čime se MKK tehnika ističe je koncentrično namatanje faza.

Primjena

- Automatski uređaji za kompenzaciju
- Stalni uređaji za kompenzaciju (npr. za motore, transformatore, rasvjetu)
- Brzi dinamički uređaji za kompenzaciju
- Ugođeni / neugođeni harmonički filteri
- Turbine vjetroelektrana (690/800V)

Karakteristike

Električna svojstva

- Dugačak vijek upotrebe
- Dobro podnosi visoke uklopne struje ($200 I_N$)

Mehanička svojstva i održavanje

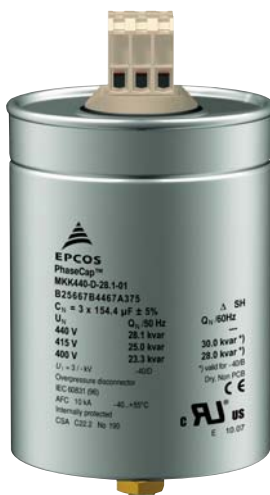
- Smanjeni troškovi ugradnje
- Nije potrebno održavati

Sigurnosna svojstva

- Samo-popravljanje / samo-ozdravljenje
- Nadtlačni osigurač u sve tri faze
- Priključni kontakti su sigurni na slučajni dodir
- Keramički otpornici za pražnjenje montirani

Okoliš

- Suha izvedba, inertni plin
- Nema mogućnosti curenja ulja



Tehnički podaci

Standardi IEC 60831-1+2, EN 60831-1+2, UL 810/5	
Maksimalni napon	$U_N + 10\%$ (do 8 sati dnevno) $U_N + 15\%$ (do 30 min dnevno) $U_N + 30\%$ (do 1 min)
Maksimalna struja	$1,5 * I_N$
Struja uklapanja	$200 * I_N$
Gubici u dielektriku	$<0,2$ W/kvar
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Ispitni napon, priključak / priključak	$2,15 * U_{N1}$, AC, 10 s
Ispitni napon, priključak / kućište	$U_N \leq 660V$: 3000V AC, 10s $U_N > 660V$: 6000V AC, 10s
Vijek trajanja	do 115.000 sati
Temperatura okoline	-40/D, kratkotrajno max. 55°C
Hlađenje	Prirodno ili prisilno
Vlaga	max. 95%
Nadmorska visina	do 4000 m nad morem
Pozicija ugradnje	Proizvoljno
Ugradnja i uzemljenje	Vijak M12 na dnu kućišta
Sigurnost	Suha tehnologija, nadtlačni prekidač, samoozdravljenje
Otpornik za pražnjenje	Keramički otpornici predmontirani
Kućište	Ekstrudirani aluminij
Mehanička zaštita	IP20, unutarnja montaža (po želji s PVC kućištem za IP54)
Dielektrik	Polipropilenski film
Impregnacija	Inertni plin (dušik)
Priključci	Dvostruki, trolpolni SIGUT priključci sa zaštitom od dodira (VDE 0106,dio 100), max presjek kabela 16mm ²

MKK kondenzator sa metaliziranim polipropilenskim filmom je kondenzator sa svojstvom samo-popravljanja / samo-ozdravljenja. Metalna obloga koja provodi struju (elektroda) je nataložena isparavanjem na jednu stranu polipropilenskog filma.

Kompaktna izvedba, nizak, lagan i malen

Tri električno odvojena pojedinačna kondenzatora su istovremeno **koncentrično** namotana na izoliranu metalnu cijev jezgre, koja garantira izvanrednu preciznost namatanja. Elektrode su povezane metalom naparenim na prednju stranu kondenzatorskog svitka. Pojedinačni kondenzatori su povezani u spoj zvijezde, trokuta ili serije. Kompaktni MKK kondenzatorski svici su uloženi u cilindrično aluminijsko kućište i hermetički zatvoreni naprešanim metalnim poklopcem.

Trostruki sigurnosni sistem

- Suha tehnologija izrade: umjesto tekućim impregnatom, kondenzator je punjen plinom. Tako ne postoji opasnost od požara uzrokovanog uljem koje prska ili curi. Suha izvedba je obavezna kod ekološki osjetljivih uređaja te je neophodna za stjecanje povoljnijih uvjeta osiguranja kod osiguravajućih društava.
- Samo-ozdravljenje: kondenzator se sam popravlja nakon preopterećenja
- Nadtlačni osigurač: on sprječava puknuće kondenzatora na kraju njegovog vijeka trajanja ili prilikom električnog ili toplinskog preopterećenja

Inovativna i pouzdana SIGUT tehnologija priključivanja

SIGUT priključci osiguravaju pouzdano i izravno povezivanje, čak i u strujnom krugu s paralelnim kondenzatorima, uz pogodnosti poput

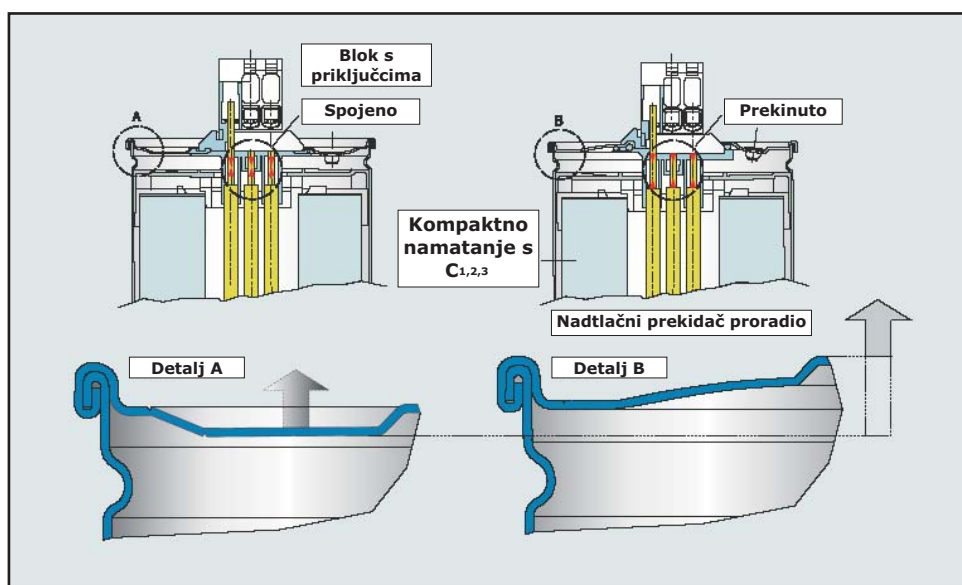
- Zaštite od rizika električnog udara (IP20 prema VDE 0106)
- Posebnog priključka za otpornike za pražnjenje
- Priključnih kontakata koji sprječavaju labavljenje vijaka
- Presjek kabela do 16 mm² (do 35 mm² za kondenzatore snage 40 i 50 kvar)
- Maksimalne struje 50 A (do 130 A za kondenzatore snage 40 i 50 kvar)

Produljeni vijek trajanja do 115 000 sati (do 130 000 sati za snage 40 i 50 kvar, te napone 690-800 V)

Nakon što se dugo suši u visokom vakuumu kako bi se isušila vlaga iz aktivnog elementa, kondenzator se impregnira. Kućište se puni inertnim plinom i hermetički zatvara. Zatim se provode rutinski testovi na propuštanje plina. Ovakvim se procesom proizvodnje izbjegava pojava oksidacije i djelomičnog pražnjenja (korona efekt), te se održava stabilnost kapaciteta kroz izuzetno dugo razdoblje, što je od velike važnosti kod upotrebe u filterskim strujnim krugovima.

Sposobnost podnošenja visokih struja uklapanja je presudna

Kondenzatori koji se koriste za korekciju faktora snage prolaze brojne operacije sklapanja. S visokim strujama uklapanja koje su pritom neizbježne mora se postupati na način koji neće skratiti vijek trajanja kondenzatora. Ova je tehnologija posebno otporna na visoke pulsne struje zbog povećane, osjetljivije kontaktne površine (poboljšano napanje metala). Najveći korak naprijed u tom području bio je Siemensov patent nazvan "wavy cut" uz izvedbu sa zadebljalim rubom filma. MKK kondenzatori podnose struje uklapanja i do 200 puta veće od nominalne struje (do 300 * In za napone 690-800 V).



Nadtlačni prekidač (mehanički osigurač)

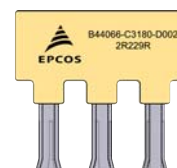
Tipske veličine

Niskonaponski MKK AC kondenzatori standardno se izrađuju za napone 230 V; 400 V; 415 V; 440 V; 480 V; 525 V, 690 V; 765 V i 800 V.

Trofazni kondenzatori za napon 400 V, 50 Hz u spoju trokut

Snaga kvar	Kapacitet 3 x μF	DxH mm	Težina kg
5,0	33	Ø116x164	1,1
7,5	50	Ø116x164	1,2
10,0	64	Ø116x164	1,2
12,5	83	Ø116x164	1,1
15,0	100	Ø116x164	1,3
20,0	133	Ø116x164	1,5
25,0	165	Ø116x200	1,8
40,0	265	Ø136x317	4,4
50,0	332	Ø136x355	4,7

Kondenzatori se standardno isporučuju opremljeni predmontiranim keramičkim otpornicima za pražnjenje. Otpornici vezani u trokut, trajno su priključeni na kondenzator. Za kondenzator 25 kvar vrijeme pražnjenja preko otpornika je manje od 95 sekundi, a za kondenzatore do 12,5 kvar, manje od 60 sekundi. Umjesto otpornika za pražnjenje, kao kvalitetnije rješenje može se koristiti prigušnica za pražnjenje.



Prigušnica za pražnjenje

Princip rada

Gubici prigušnice za pražnjenje su znatno manji od gubitaka otpornika za pražnjenje. Ovo je vrlo važno kod suvremenih uređaja za korekciju faktora snage s velikim opterećenjem jer vijek trajanja kondenzatora ovisi o temperaturi okoline.

Prigušnice za pražnjenje zadovoljavaju potrebu za trajno priključenim uređajem za pražnjenje te za kratkim vremenom pražnjenja od nekoliko sekundi. Zbog svojeg visokog AC otpora, prigušnica za pražnjenje proizvodnje Siemens stvara samo male gubitke tijekom rada kondenzatora. Kada su kondenzatori isključeni, dolazi do vrlo brzog pražnjenja preko malog DC otpora. Brzo pražnjenje omogućuje brzo ponovno uključivanje u automatskim kompenzacijskim uređajima.

Svojstva

- Brzo pražnjenje omogućuje brzo ponovno uključivanje kondenzatora
- Gubici su smanjeni
- Kućište je zaštićeno od slučajnog dodira i pogodno je za ugradnju na montažnu šinu

ISO zaštitno kućište za MKK kondenzatore

Za kondenzatore dimenzija Ø116x164 mm i Ø136x200 mm može se isporučiti zaštitna plastična kapa ili zaštitno plastično kućište. Stupanj zaštite kućišta je IP 54.



MKK PhaseCap Compact kondenzatori

Općenito

Seriya kondenzatora PhaseCap Compact temelji se na inovativnoj MKK kondenzatorskoj tehnici koncentričnog namatanja. Razlika u odnosu na PhaseCap Premium kondenzatore je ta da se u Compact verziji kao impregnant koristi biorazgradljiva mekana smola. Time su radi kvalitetnijeg odvođenja topline poboljšane neke od karakteristika, npr. podnosiva maksimalna struja je $2 * I_N$, a struja uklapanja $300 * I_N$. Životni vijek je deklariran na do 180.000 radnih sati.

Tehnički podaci

Standardi IEC 60831-1+2, EN 60831-1+2	
Maksimalni napon	$U_N + 10\%$ (do 8 sati dnevno) $U_N + 15\%$ (do 30 min dnevno) $U_N + 30\%$ (do 1 min)
Maksimalna struja	$1,5 \dots 2,0 * I_N$
Struja uklapanja	do $300 * I_N$
Gubici u dielektriku	$<0,2 \text{ W/kvar}$
Tolerancija kapaciteta	$-5\% / +10\%$
Ispitni napon, priključak / priključak	$2,15 * U_{N1}, AC, 10 \text{ s}$
Ispitni napon, priključak / kućište	$U_N \leq 660V: 3000V AC, 10s$ $U_N > 660V: 6000V AC, 10s$
Vijek trajanja	do 180.000 sati (za -40/C) do 130.000 sati (za -40/D)
Temperatura okoline	-40/D, kratkotrajno max. $55^\circ C$ -40/C, kratkotrajno max. $50^\circ C$
Hlađenje	Prirodno ili prisilno
Vlaga	max. 95%
Nadmorska visina	do 4000 m nad morem
Pozicija ugradnje	Vertikalno/horizontalno
Ugradnja i uzemljenje	Vijak M12 na dnu kućišta
Sigurnost	Nadtlačni prekidač, samoozdravljenje
Otpornik za pražnjenje	Keramički otpornici predmontirani
Kućište	Ekstrudirani aluminij
Mehanička zaštita	IP20, unutarnja montaža (po želji PVC kapa za IP54)
Dielektrik	Polipropilenski film
Impregnacija	Biorazgradljiva mekana smola
Priključci	Dvostruki, trolezni poboljšani SIGUT priključci sa zaštitom od dodira (VDE 0106,dio 100), max presjek kabela do 35mm^2

Asortiman

PhaseCap Compact kondenzatori standardno se izrađuju za napone 230 V; 400 V; 415 V; 440 V; 480 V i 525 V.

Raspon snaga se kreće od 5 do 33 kvar.

Priključak

Ovisno o snazi kondenzatora razlikuju se tri tipa priključka (A, B i C). Tip A podnosi struje do 50 A, tip B do 60 A, a tip C do čak 130 A. Max. presjeci kabela su 16mm^2 za tip A, 25mm^2 za tip B i 35mm^2 za tip C.

Vijek trajanja kondenzatora

Ovisno o uvjetima u kojima radi PhaseCap Compact kondenzatori pružaju očekivani životni vijek do 180.000 radnih sati što je vrijednost koju jedino nadmašuje robusna MKV tehnika.



MKP (PhiCap) kondenzatori

Općenito

MKP je iskušana klasična kondenzatorska tehnika koja se koristi više od 30 godina. Osnovna razlika u odnosu na inovativnu MKK tehniku je da se trofazni MKP kondenzatori sastoje od tri jednofazna odvojena svitka koji su u kućištu smješteni jedan iznad drugog.

Dvostruki sigurnosni sistem

- Samo-ozdravljenje: kondenzator se sam popravlja nakon preopterećenja
- Nadtlačni osigurač: on sprječava puknuće kondenzatora na kraju njegovog vijeka trajanja ili prilikom električnog ili toplinskog preopterećenja

Asortiman

MKP kondenzatori standardno se izrađuju za napone 230 V; 400 V; 415 V; 440 V; 480 V i 525 V. Raspon snaga se kreće od 0,5 do 30,0 kvar za trofazne i od 0,7 do 6,0 kvar za jednofazne izvedbe.

Izvedba

Svitak iz Al-Zn metalizirane plastične folije (polipropilen), samopopravljiv (samoozdravljiv), s ispunom, u Al posudi s ugrađenim nadtlačnim osiguračem. MKP kondenzatori impregnirani su mekanom smolom (želatinom).

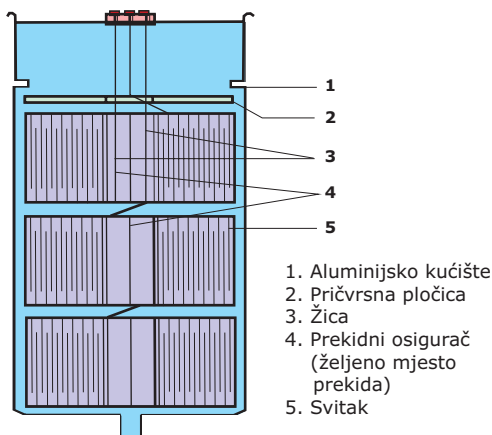


Izvedba MKP kondenzatorskog svitka

naparena polipropilenska folija

naparena polipropilenska folija

Izvedba MKP kondenzatora



Tehnički podaci

Standardi IEC 60831-1+2

Maksimalni napon	$U_N + 10\%$ (do 8 sati dnevno) $U_N + 15\%$ (do 30 min dnevno) $U_N + 30\%$ (do 1 min)
Maksimalna struja	$1,3 * I_N$
Struja uklapanja	$200 * I_N$
Gubici u dielektriku	$<0,2$ W/kvar
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Ispitni napon, priključak / priključak	$2,15 * U_{N1}$, AC, 10 s
Ispitni napon, priključak / kućište	3000V AC, 10s
Vijek trajanja	do 100.000 sati
Temperatura okoline	-40/D, kratkotrajno max. 55°C
Hlađenje	Prirodno ili prisilno
Vlaga	max. 95%
Nadmorska visina	do 4000 m nad morem
Pozicija ugradnje	Vertikalno
Ugradnja i uzemljenje	Vijak M10/M8 na dnu kućišta
Sigurnost	Nadtlačni prekidač, samoozdravljenje
Otpornici za pražnjenje	Uključeni u isporuku
Kućište	Ekstrudirani aluminij
Mehanička zaštita	IP20, unutarnja montaža (kapa IP54 kao opcija)
Dielektrik	Polipropilenski film
Impregnacija	Biorazgradljiva mekana smola
Priključci	Dvostruki, trolpolni SIGUT priključci za kondenzatore snage veće od 5 kvar; odnosno "fast-on" priključak za kondenzatore manjih snaga

PoleCap kondenzatori -za vanjsku upotrebu

Općenito

Serija kondenzatora PoleCap temelji se na MKK kondenzatorskoj tehnici za snage veće od 5 kvar, a na MKP tehnici za manje snage. Impregnacija je u oba slučaja izvedena inertnim plinom što PoleCap seriju s ekološkog i protivpožarnog aspekta svrstava u najsigurniji tip kondenzatora.

Specijalna primjena

- Stupovi nadzemne mreže električne energije (elektrodistribucije)
- U otežanim uvjetima rada (visoko prisustvo vlage, prašine)

Tehnički podaci

Standardi IEC 60831-1+2, EN 60831-1+2, UL 810/5	
Maksimalni napon	$U_N + 10\%$ (do 8 sati dnevno) $U_N + 15\%$ (do 30 min dnevno) $U_N + 30\%$ (do 1 min)
Maksimalna struja	$1,3 * I_N$
Struja uklapanja	$200 * I_N$
Gubici u dielektriku	$<0,2 \text{ W/kvar}$
Tolerancija kapaciteta	-5% / +5%
Ispitni napon, priključak / priključak	$2,15 * U_{N1}$, AC, 10 s
Ispitni napon, priključak / kućište	3000V AC, 10s
Vijek trajanja	do 100.000 sati
Temperatura okoline	-40/D, kratkotrajno max. 55°C
Hlađenje	Prirodno
Vlaga	max. 95%
Nadmorska visina	do 4000 m nad morem
Pozicija ugradnje	Proizvoljna
Ugradnja i uzemljenje	Vijak M12 na dnu kućišta
Sigurnost	Suha tehnologija, nadtlačni prekidač, samozdravljenje
Otpornik za pražnjenje	Keramički otpornici predmontirani
Kućište	Ekstrudirani aluminij
Mehanička zaštita	IP54
Dielektrik	Polipropilenski film
Impregnacija	Inertni plin (dušik)
Priključni kabel	Dužine 2 m (UV otporan i vodonepropusan) odgovarajućeg presjeka ovisno o snazi kondenzatora

Asortiman

PoleCap kondenzatori standardno se izrađuju za napone 400 V; 440 V i 525 V. Raspon snaga se kreće od 0,5 do 30 kvar.

Mehanička zaštita IP54!

PoleCap kondenzator ima mehaničku zaštitu IP54 što ga čini vodonepropusnim i prahotijesnim. Iz tog razloga pogodan je za vanjsku upotrebu. Također je pogodan za upotrebu u težim uvjetima rada kao što su visoko prisustvo prašine ili vlage.

Nadzor sa udaljenosti

Prilikom montaže PoleCap kondenzatora direktno na stup nadzemne mreže električne energije osiguran je nadzor sa zemlje u obliku crvene trake koja postaje vidljiva odmah nakon prorade nadtlačnog prekidača u slučaju kvara.



MKV kondenzatori

Općenito

MKV kondenzatori, robusne izrade, pogodni su za korištenje kod viših temperatura (do +70°C). Svitak je izrađen iz obostrano Al metaliziranog papira kao elektrode i plastične folije (polipropilen) kao dielektrika. Impregnacija se vrši uljem. Imaju sposobnost samoozdravljenja i ugrađen nadtlačni osigurač. Podnose struje uklapanja do 500xI_N. Prosječan životni vijek im je do 300.000 radnih sati.

Asortiman

MKV kondenzatori standardno se izrađuju za napone 400 V; 440 V; 480 V; 525 V; 600 V; 690 V i 800 V.

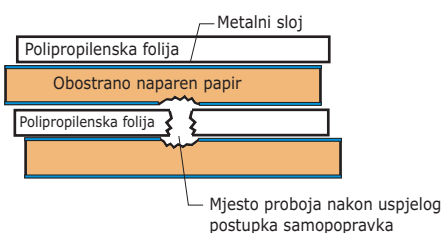
Raspon snaga se kreće od 5 do 25 kvar.



Izvedba

MKV kondenzatorska tehnika je 30 godina stara, a najbliže je usporediva s ranije korištenim, vrlo sigurnim papirnatim kondenzatorima. Uslijed visokovakuumskog sušenja i impregnacije iz dielektrika su uklonjeni svi ostaci vlage i sve šupljine su ispunjene visokovrijednim izolacijskim uljem. Tako nastaje dielektrički sustav visoke postojanosti prema temperaturama i starenju koji isključuje djelomična pražnjenja i kemijske promjene. S obzirom da je prijanjanje kontakata na papiru znatno bolje nego na foliji, opteretivost strujnim udarima znatno je viša nego pri MKP/MKK kondenzatorima. Na Slici možemo vidjeti izvedbu MKV kondenzatorskog svitka. Potpuno impregniran papirnatim međusloj u vezi s Al oblogom jamči uslijed bolje bilance kisika, bolja svojstva samopopravka nego kod MKP/MKK kondenzatora. Stoga obostrana metalizacija i mali otpor obloge vode do malih gubitaka struje zagrijavanja u području nazivnog napona. MKV kondenzatori se koriste na mjestima s višom temperaturom okoline, za ugođene harmoničke filterske krugove, te na mjestima gdje je vrlo značajno prisustvo uređaja energetske elektronike.

Izvedba MKV kondenzatorskog svitka



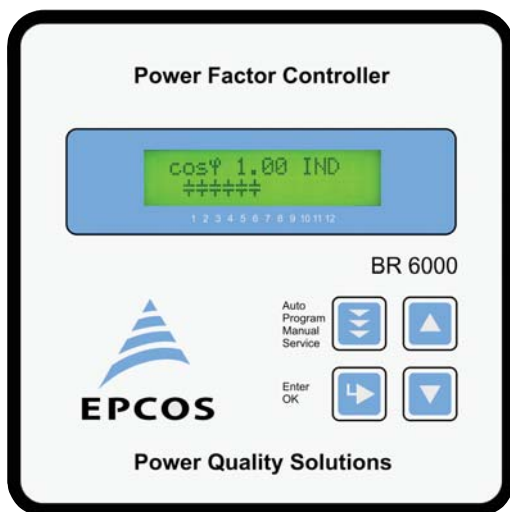
Tehnički podaci

Standardi IEC 60831-1+2	
Maksimalni napon	U _N + 10% (do 8 sati dnevno) U _N + 15% (do 30 min dnevno) U _N + 30% (do 1 min)
Maksimalna struja	do 3 * I _N
Struja uklapanja	do 500 * I _N
Gubici u dielektriku	<0,2 W/kvar
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Ispitni napon, priključak / priključak	2,15 * U _{N1} , AC, 10 s
Ispitni napon, priključak / kućište	U _N ≤ 500V: 3000V AC, 10s U _N > 500V: 4000V AC, 10s
Vijek trajanja	do 300.000 sati (za -40/D)
Temperatura okoline	trajno do max. 70°C uz kraći životni vijek
Hlađenje	Prirodno ili prisilno
Vlaga	max. 95%
Nadmorska visina	do 4000 m nad morem
Pozicija ugradnje	Vertikalno/horizontalno
Ugradnja i uzemljenje	Vijak M12 na dnu kućišta
Sigurnost	Nadtlačni prekidač, samoozdravljenje
Otpornik za pražnjenje	Otpornici predmontirani
Kućište	Ekstrudirani aluminij
Mehanička zaštita	IP20
Dielektrik	Polipropilenski film + papir
Impregnacija	Ulje
Priključci	Dvostruki, trolpolni SIGUT priključci sa zaštitom od dodira (VDE 0106,dio 100), max presjek kabela 16mm ²

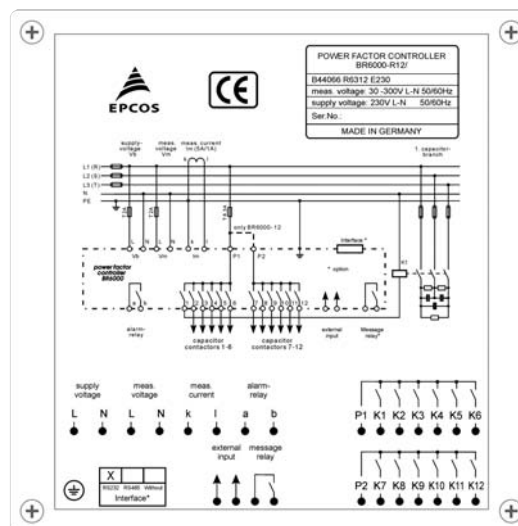
Regulator faktora snage serije BR 6000

Inteligentni regulator s multifunkcionalnim displejem - povoljna cijena - jednostavna upotreba

BR 6000 Izgled prednje strane



BR 6000 Izgled stražnje strane



Na displeju regulatora možemo pročitati:

a) trenutne vrijednosti

- Mrežni napon (V)
- Reaktivnu snagu (kvar)
- Radnu snagu (kW)
- Frekvenciju
- THD-V, THD-I
- Vrijednost pojedinih harmonika do 19-og
- Struje pojedinih kondenzatora
- Prividnu snagu (kVA)
- Prividnu struju (A)
- Temperaturu (°C)
- Trenutni faktor snage $\cos \varphi$
- Zadani faktor snage $\cos \varphi$
- Potreban broj kvar za postizanje zadanog faktora snage $\cos \varphi$

b) memorirane vrijednosti

- Broj sklapanja kondenzatorskih sklopnika
- Maksimalni napon U (V)
- Maksimalne vrijednosti harmonika
- Maksimalnu reaktivnu snagu Q (kvar)
- Maksimalnu radnu snagu P (kW)
- Maksimalnu prividnu snagu S (kVA)
- Maksimalnu temperaturu (°C)
- Ukupno vrijeme rada kondenzatora

Alarmni izlaz signalizira:

- Nedovoljna kompenzacija
- Prekompenzacija
- Premala struja
- Prevelika struja
- Previsoka temperatura
- Preveliko harmoničko izobličenje
- Prekoračenje isprogramiranog limita

Regulator faktora snage BR 6000 se odlikuje jednostavnim upravljanjem baziranim na displeju s izbornikom i jednostavnim tekstom.

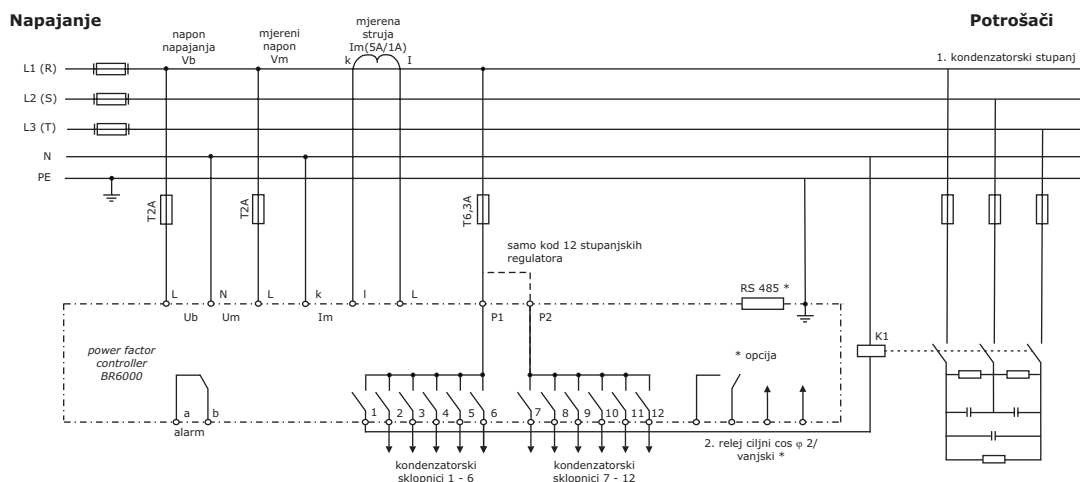
Nove osobine omogućavaju intuitivan način upravljanja. Simboli i tekst su razumljivi i kombinirani s jasnim prikazom.

Treba istaknuti opciju da korisnik sam može podesiti sekvencu regulatora u dodatku s unaprijed datim sekvencama i omogućiti time rad regulatora u svim vrstama kompenzacijskih uređaja. Prikaz različitih mrežnih parametara i pohranjenih veličina kompenzacije omogućava jednostavnu analizu grešaka i nadzora sustava.

Osnovna inačica regulatora sadrži sljedeće osobine:

- Šest ili dvanaest izlaza (ovisno od izvedbe)
- Relejne ili tranzistorske izlaze
- Dvadeset unaprijed isprogramiranih sekvenci s nadzorom za samopodešavanje
- Editor sekvenci omogućava korisniku da sam podesi sekvencu regulacije
- Menijem vođeno upravljanje i prikaz
- Osvjetljen grafički displej sa 2 x 16 znakova
- Četverokvadrantno upravljanje
- Automatska inicijalizacija - samopodešavanje
- Prikaz različitih mrežnih parametara
- Praćenje snage pojedinih stupnjeva kondenzatora
- Pohranjivanje maksimalnih mrežnih parametara i podataka o sklapanjima kondenzatorskih sklopnika
- Ručno / Automatsko upravljanje
- Programiranje stalnih stupnjeva i mogućnost neuključivanja pojedinih stupnjeva
- Beznaponsko isključivanje
- Otkrivanje greške za različita stanja i prikaz poruka o smetnjama
- Probni rad s analizom grešaka

BR 6000 Shema priključivanja



Regulator BR 6000 može biti opremljen sa sučeljem RS485 kao opcijom. Koristi se za sljedeće funkcije:

- Unošenje svih parametara pomoću PC-a
- Daljinska kontrola svih radnih statusa i prikaz na PC-u
- Priključak vanjskog displeja za daljinsko očitavanje svih mjerenih veličina
- Odabir MODBUS ili ASCII protokola
- Korištenje MMI6000 za mjerenje kondenzatorskih struja

Tehnički podaci	BR6000	BR604
Radni napon	230 V, AC	230 V, AC
Mjerni napon	30 do 300 V, AC	230 V, AC
Mjerna struja	x / 5 A (1 A)	x / 5 A (1 A)
Relejni ili tranzistorski izlazi	6 ili 12 izlaza	4 izlaza
Alarmni izlaz	da	ne
Sučelje RS485	opcija	ne
Mrežna frekvencija	50 Hz ili 60 Hz	50 Hz ili 60 Hz
Uklonni napon relejnog izlaza	maksimalno 250 V, AC	maksimalno 250 V, AC
Snaga skapanja relejnog izlaza	maksimalno 1000 W	maksimalno 1000 W
Vlastita potrošnja	maksimalno 5 VA	maksimalno 5 VA
Struja odziva	40 mA	40 mA
Ciljni $\cos \varphi$	0,3 ind do 0,3 cap	0,8 ind do 0,8 cap
Radna temperatura	-20 °C do +60 °C	-10 °C do +70 °C
Temperatura skladištenja	-20 °C do +75 °C	-20 °C do +75 °C
Pozicija montaže	proizvoljna	proizvoljna
Težina	1 kg	0,5 kg
Dimenzije (šxvxd)	144x144x55 mm	100x100x40 mm

Regulator faktora snage BR 604

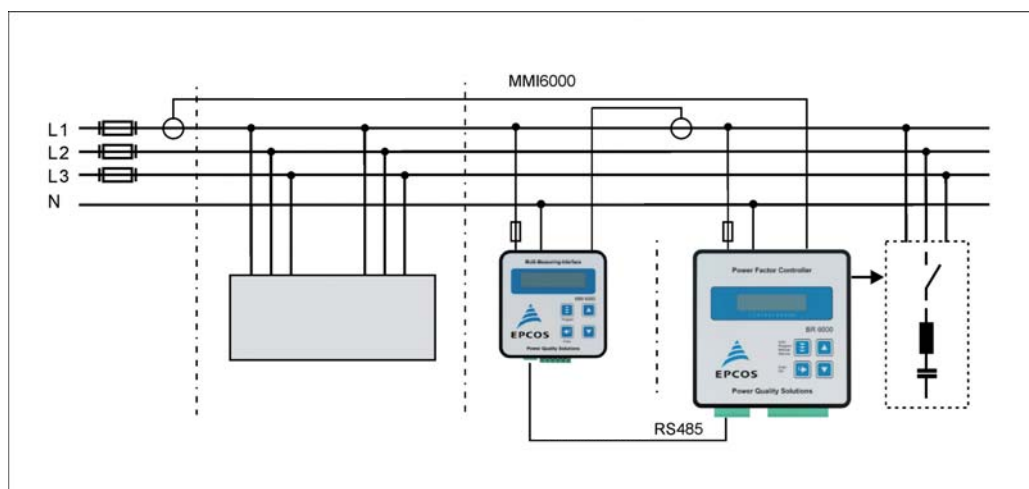
Inteligentni regulator iz serije 6000 jednostavnije izvedbe sa četiri izlazna releja. Mjerni napon jednak je radnom naponu tj. 230 V, a regulator ne sadrži alarmni relej.

Mjerni uređaj MMI6000 u kombinaciji sa BR6000

Mjerni uređaj MMI6000 može se koristiti kao dodatna jedinica za praćenje struja kondenzatora u kombinaciji s regulatorom faktora snage BR6000. MMI6000 može utvrditi ukupnu struju kompenzacijskog uređaja, kao i struje pojedinih kondenzatorskih stupnjeva. Praćenjem struja instaliranih kondenzatora moguće je prepoznati izvanredne uvjete u mreži (npr. harmoničke struje koje uzrokuju preopterećenja kondenzatora), te isključiti i samim time zaštititi kompenzacijsku opremu za vrijeme trajanja izvanrednih uvjeta.



Shema priključivanja



Mjerni uređaj MMI6000 kao samostalna jedinica može raditi kao:

- mjerni uređaj za praćenje električnih parametara mreže
- okidni sklop
- kao regulator s izlaznim relejem za uklapanje jednog kondenzatorskog stupnja

BR6000 adapter

Koristi se za priključak regulatora u mrežama bez neutralnog "N" vodiča. Dimenzije kućišta su $\text{š} \times \text{v} \times \text{d} = 45 \times 110 \times 76 \text{ mm}$, a montaža je na montažnu letvu. Ulaz adaptera spaja se na tri faze mreže, a izlaz adaptera spaja se na mjerni naponski ulaz regulatora.



USB --> RS485 adapter

Koristi se za spajanje računala i regulatora radi korištenja programskih rješenja. Kućište je plastično, dimenzija $\text{š} \times \text{v} \times \text{d} = 66 \times 28 \times 66 \text{ mm}$. Ulaz adaptera spaja se na PC preko USB kabela, a izlaz adaptera spaja se na regulator putem RS485 sučelja (četverožični priključak).



Regulator faktora snage serije BR 7000

Inteligentni regulator s trofaznim mjerenjem podataka i upravljanjem

BR 7000 Izgled prednje strane



Osobine:

- Trofazno mjerenje i upravljanje
- Izlazni releji podesivi za trofaznu ili jednofaznu kompenzaciju
- Kombinirana trofazna i jednofazna kompenzacija
- Upotrebljiv i kao mjerni uređaj
- Inteligentno upravljanje

Mjerenje i prikaz:

- Trofazno mjerenje svih važnih parametara (napon, struja, jalova, radna i prividna snaga, frekvencija, harmonici do 31. reda, temperatura)
- Prikaz i pohrana maksimalnih vrijednosti izmjerenih parametara, broja sklapanja i vremena rada kondenzatora
- Prikaz datuma, vremena, načina upravljanja
- Grafički prikaz vrijednosti THD-a i pojedinih harmonika
- Osciloskopski prikaz napona i struja
- Editor prikaza izmjerenih vrijednosti

Upravljanje:

- Grafički displej 128 x 64 točke s maksimalno 8 linija
- Mogućnost samopodešavanja
- Automatski način rada
- Ručno upravljanje
- Testno pokretanje
- Servisni izbornik
- Ekspertni izbornik

Načini upravljanja:

- Jednostavno trofazno upravljanje (trofazni kondenzatori), max. 15 izlaznih releja

- Jednofazno upravljanje (jednofazni kondenzatori), max. 5 izlaznih releja po fazi
- Kombinirano upravljanje (npr. 3x3 jednofazna kondenzatora + 6 trofaznih)
- Odvojeno upravljanje jednofaznim kondenzatorima

Poruke o greškama:

- Prenapon, podnapon, bez napona
- Prevelika struja
- Prekompenzirano, podkompenzirano
- Preveliko harmoničko izobličenje
- Previsoka temperatura
- Neispravan kondenzator
- Upozorenje o broju sklapanja
- 1 alarmni relej
- 1 programibilni relej
- 1 relej za upravljanje ventilatorom

Ulazi:

- Radni napon: 110...230V AC +-15%
- 3 mjerna napona: 30...440V AC (L-N) / 690 V AC (L-L)
- 3 mjerne struje: X:1A / X:5A
- 1 vanjski ulaz

Izlazi:

- 3 x 5 relejnih izlaza
- 3 relejna izlaza za poruke/alarm/ventilator
- 2 nezavisna izolirana sučelja RS485

PC Software:

- Snimanje i analiza željenih parametara
- Mogućnost upravljanja sa više regulatora
- Spajanje na PC preko adaptera USB-RS485

Kondenzatorski sklopnik za uklapanje neprigušenih i prigušenih trofaznih kondenzatora

Princip rada

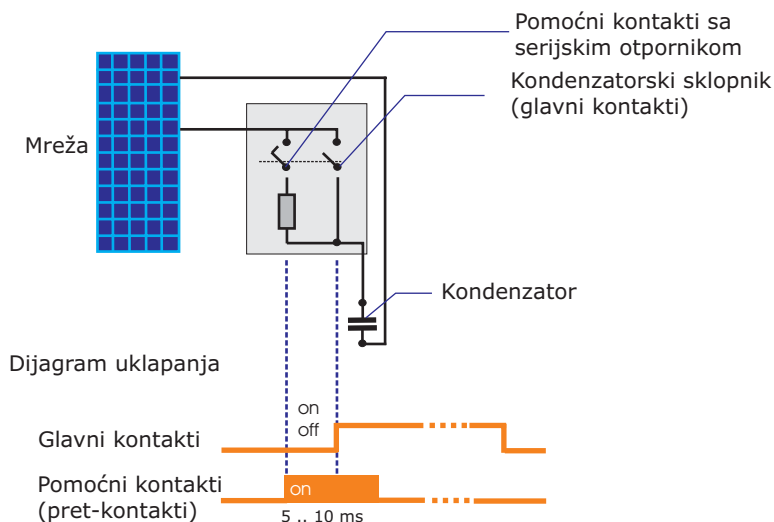
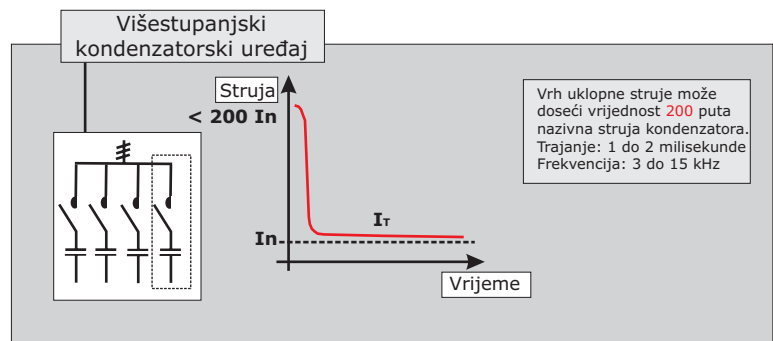
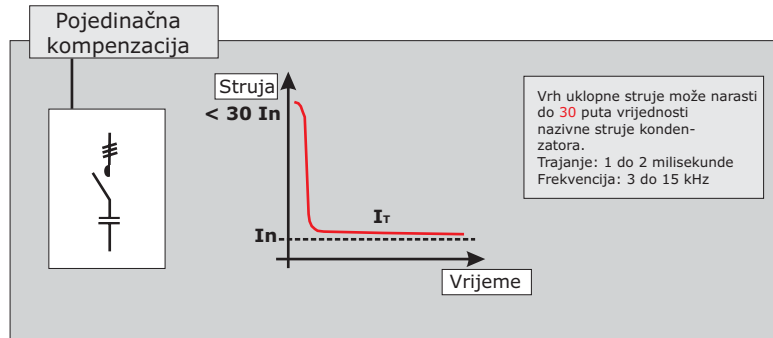
Kada se kondenzator uključi na AC sistem, nastaje rezonantni strujni krug koji je u većoj ili manjoj mjeri prigušen. Kod uklapanja kondenzatora koji se nalazi u kompenzacijskom uređaju s već uključenim (nabijenim) kondenzatorima, tranzientna uklopna struja je do 200 puta veća od nominalne struje. Velike vrijednosti struje uklapanja mogu dovesti do taljenja sklopnikovih glavnih kontakata, a štetne su i za kondenzatore.

U automatskim kompenzacijskim uređajima potrebno je koristiti sklopnike koji prigušuju struju uklapanja. Redukcijom struje uklapanja također se izbjegavaju tranzienti i naponski padovi.

U ovim kondenzatorskim sklopnima koriste pret-kontakati s funkcijom ograničavanja struje uklapanja. Svakom pret-kontaktu u seriju je spojen otpornik za ograničenje struje uklapanja (struje nabijanja) kondenzatora. Pret-kontakati se zatvaraju prije glavnih kontakata, a otvaraju se kad su ovi sigurno zatvoreni. Ovo svojstvo kondenzatorskih sklopnika garantira njihovo učinkovito i ujednačeno funkcioniranje tijekom njihovog vijeka trajanja.

Kondenzatorski sklopnici su pogodni za uključivanje kondenzatora sa ili bez predspojenih prigušnica. Zahvaljujući pret-kontaktima i prigušnim otpornicima struja uklapanja je $< 70 \times I_N$.

Osigurači za kondenzator karakteristike gL (gG) trebaju biti dimenzionirani od 1,6 do $1,8 \times I_N$.



Preuklapanje

- Najveće vrijednosti struje uklapanja su ograničene žičanim otpornicima
- Svi sklopnici su opremljeni pret-kontaktima s funkcijom brzog preklapanja
- Pret-kontakati se otvaraju nakon što su glavni kontakti zatvoreni
- Pojedinačno kontrolirani pret-kontakati kao jedna cjelina- povećavaju otpornost uređaja na prašinu

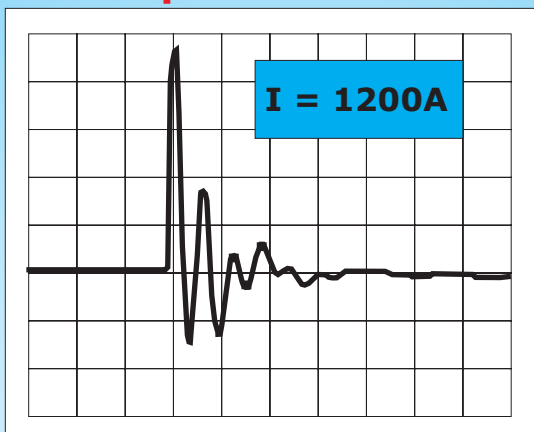
Uklapanje

- Nema gubitaka struje u otpornicima tijekom rada jer nisu više u strujnom krugu

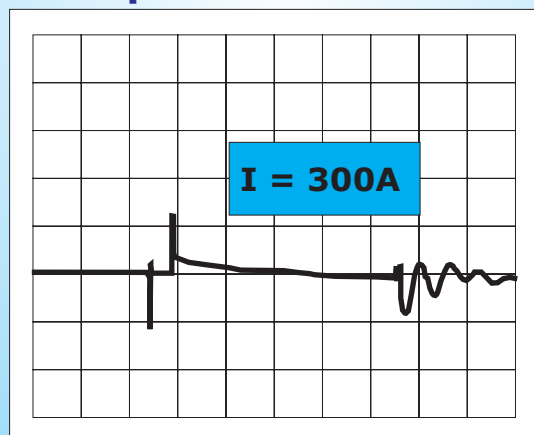
Isklapanje

- Tijekom isklapanja pret-kontakati ostaju u mirovanju. Ovi kondenzatorski sklopnici se mogu koristiti u razne svrhe s velikim uklopnim strujama.

Bez pret-kontaktata



Sa pret-kontaktima



Dijagram uklopne struje kondenzatora
12,5 kvar ($I_n = 18A$, $U_n = 400V$)
I: 250A/ podjeljak vrijeme: 0,5 ms/podjeljak

Prednosti K3 serije sklopnika

- Raspon snage sklopnika je od 12,5 kvar do 100 kvar
- Može se koristiti kod neprigušenih i prigušenih kondenzatorskih uređaja
- Otporan je na porast napona uzrokovanog predspajanjem prigušnica
- Nije potrebna izmjena sklopnika prilikom naknadnog instaliranja neugođenih prigušnica
- Najveća moguća pouzdanost u radu koja se postiže upotrebom pojedinačno kontroliranih pret-kontaktata
- Smanjena velika uklopna struja kondenzatora
- Smanjeni gubici tijekom rada
- Standardizirana izvedba
- Kompaktna izvedba malih dimenzija
- Standardi : IEC/EN 60947 + VDE 0660
- Odobreno od UL-a (UL508)
- Širina sklopnika za snagu do 25 kvar iznosi svega 45 mm
- Veći priključni kontakti za kabele većih presjeka
- Box priključni kontakti za sve sklopnike počevši od 20 kvar
- Podnosi temperaturu okoline do 60°C bez umanjenja nazivnih vrijednosti (osim za 75 i 100 kvar)
- Svi pokretni dijelovi sklopnika su prekriveni
- Postoji mogućnost bočnog dodavanja pomoćnog kontaktnog bloka (1NO + 1NC)
- Moguća montaža na DIN montažnu šinu

Izbor sklopnika

Tip	Snaga kondenzatora kod 400 V, 50 Hz za temperaturu okoline	
	50 °C kvar	60 °C kvar
K3 - 18 K	12,5	12,5
K3 - 24 K	20	20
K3 - 32 K	25	25
K3 - 50 K	33,3	33,3
K3 - 62 K	50	50
K3 - 74 K	75	60
K3 - 99 K	100	90

Napomena

Kod prigušenih uređaja za kompenzaciju jalove snage mogu se koristiti i kondenzatorski sklopnici bez pretkontaktata (serija oznake A npr. za 25 kvar K3-32 A). U tom slučaju funkciju prigušenja struje uklapanja vrše antirezonantne filterske prigušnice.

Korištenje novih tehnologija u modernoj industriji ima negativne efekte na kvalitetu električne energije u opskrbnim mrežama. Sve češće su brze i velike promjene opterećenja, te harmoničke oscilacije. Problemi koji se javljaju (strujni udari, povećani gubici, treperenje...) ne utječu samo na opskrbni kapacitet već imaju i značajan utjecaj na osjetljivu elektroničku opremu.

Rješenje za navedene probleme je korištenje tiristorskih modula za dinamičko sklapanje kodnenzatorskih stupnjeva.

TSM tiristorska sklopka

TSM je brzi, elektronički kontrolirani, samonadzirani tiristorski modul za uklapanje kapacitivnih tereta do 200 kvar, u izuzetno kratkom vremenu (nekoliko milisekundi). Nema ograničenja u broju sklapanja u toku životnog vijeka kondenzatora.

Svojstva:

- jednostavna montaža
- sadrži svu potrebnu inteligenciju
- vrijeme reakcije samo 5 milisekundi
- prikaz rada i grešaka putem LED dioda

TSM premanentno nadzire:

- napon
- faznu sekvencu
- struju priključenog kondenzatora
- temperaturu



Ako se pojave problemi s naponom TSM-LC isključi strujni krug. Nadzorom struje kondenzatora mogu se identificirati opasni radni uvjeti kao npr. povećana harmonička distorzija. Velika struja viših harmonika može uništiti priključene kondenzatore. Zahvaljujući integriranom mjernom sustavu, tiristorski modul isključi kondenzator za vrijeme trajanja preopterećenja. Alarmni signal previsoke temperature isključi pripadni kondenzatorski stupanj. Nakon sniženja temperature tiristorska sklopka ponovno uključi kondenzator.

Izbor tiristorskih modula za napon 400 V i maksimalna snaga pri nazivnom naponu:

- TSM-LC10 - 12,5 kvar
- TSM-LC25 - 25 kvar
- TSM-LC50 - 50 kvar
- TSM-LC100 - 100 kvar
- TSM-LC200 - 200 kvar

Izbor tiristorskih modula za napon 690 V i maksimalna snaga pri nazivnom naponu:

- TSM-HV50 - 60 kvar
- TSM-HV200 - 200 kvar

Visokonaponski otpornici za pražnjenje EW22

Otpornici EW22 sastoje se od dva otpora vrijednosti 22kΩ.

Koriste se uz TSM-LC jer se sklapanje vrši u dvije faze.

Za TSM-LC snage do 50 kvar dovoljan je jedan EW22 po stupnju.

Za TSM-LC100 i TSM-LC200 koristimo više otpornika EW22 u paraleli.

Za TSM-HV nisu potrebni jer se tamo sklapanje vrši u tri faze.



Princip rada

Električna energija je važan faktor proizvodnje u industriji, te je učinkovitost njezine upotrebe od primarnog značaja. Smanjenje komponente reaktivne struje pomoću korekcije faktora snage štedi energiju.

Povećana upotreba suvremenih električnih aparata (usmjerivači, uređaji besprekidnog napajanja, frekventni regulatori itd.) koji proizvode nelinearnu struju, utječe na opterećenje mreže harmonicima (mrežno onečišćenje).

Kapacitet energetskog kondenzatora zajedno s napojnim transformatorom tvori rezonantni strujni krug. Iskustvo je pokazalo da se rezonantna frekvencija ovakvog strujnog kruga najčešće kreće od 250-500 Hz tj. u području 5. i 7. harmonika.

Rezonancija može dovesti do sljedećih neželjenih posljedica:

- preopterećenja kondenzatora
- preopterećenja transformatora i prijenosne opreme
- ometanja brojila i kontrolnih sistema, kompjutera i električne opreme
- naponsku distorziju

Ove rezonantne pojave se mogu izbjeći spajanjem kondenzatora u seriju s filterskom prigušnicom. Neugodni sistemi su dimenzionirani tako da je njihova rezonantna frekvencija niža od najnižeg mrežnog harmonika.

Neugodni kompenzacijski sistem je čisto induktivan ako se promatraju harmonici iznad rezonantne frekvencije. Kod linijske frekvencije od 50 Hz, neugodni sistem se ponaša isključivo kapacitivno, kompenzirajući tako reaktivnu struju.



Antirezonantna trofazna filterska prigušnica

Svojstva

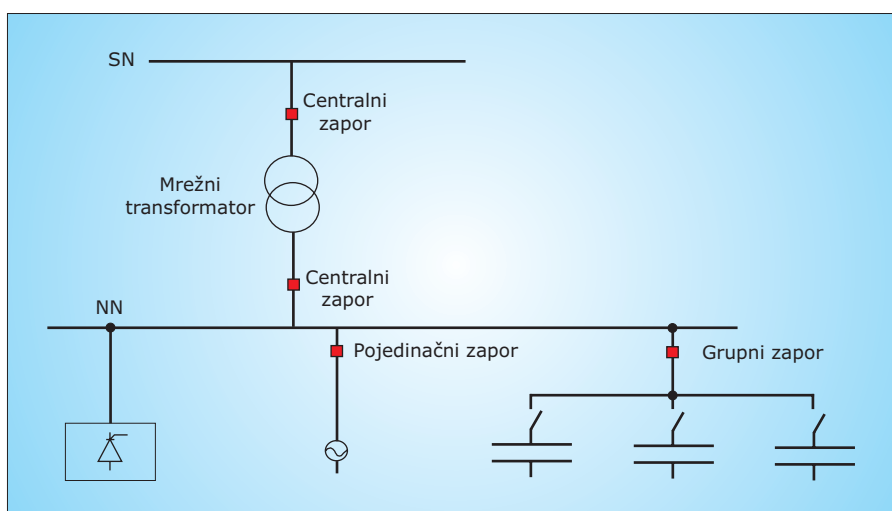
- Velika otpornost prema harmonicima
- Mali gubici
- Velika linearnost
- Niska razina buke
- Jednostavna montaža
- Dugačak vijek upotrebe
- Toplinska zaštita (mikroprekidač)

Tehnički podaci

Frekvencija	50 Hz
Nazivni napon	400 V
Snaga	10 do 100 kvar
Prigušenje (p)	5,67%, 7%, 14%
Hlađenje	prirodno
Maksimalna temperatura okoline	40 °C
Mehanička zaštita	IP 00

Tonfrekventni zapor

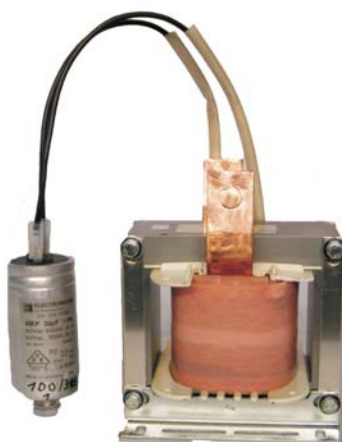
Tonfrekventni zaporni krugovi se ugrađuju u kompenzacijska postrojenja radi sprečavanja nedopuštenih povratnih utjecaja na mrežno tonfrekventno upravljanje (MTU). Budući da kondenzatorske baterije predstavljaju za signale MTU frekvencija relativno malu impedanciju, njihova prisutnost u razdjelnim mrežama može dovesti do preopterećenja tonfrekventnih (MTU) odašiljača, a u pojedinim dijelovima mreže i do smanjenja napona signala ispod razine odziva MTU prijarnika. Tonfrekventni zapori služe za povećanje ukupne impedancije kompenzacijskih postrojenja za MTU frekvenciju. Zaporni krugovi za MTU frekvenciju se izvode kao paralelni titrajni krugovi prigušnice i kondenzatora. Rezonantna frekvencija ovakvog paralelnog titrajnog kruga mora biti jednaka MTU frekvenciji. Osim prigušnice, u zapornim krugovima se često koristi transformator na čiju sekundarnu stranu se spaja kondenzator. Tonfrekventni zapori se mogu ugraditi za cijelo potrošačko postrojenje (centralni, jedinstveni) zapor, za grupu potrošača (grupni, blokni) zapor ili pojedinačno za svaki uređaj (pojedinačni zapor). Navedeni tipovi zapornih krugova na odgovarajućim mjestima ugradnje prikazani su na slici 1.



Slika 1. Mjesta ugradnje tonfrekventnog zapora

Ovisno o mjestu ugradnje zapora u mreži, te o njegovoj funkciji (centralni, grupni, pojedinačni) potrebno je prilikom projektiranja zapora za MTU frekvenciju voditi računa o njegovom dimenzioniranju. Ukoliko se zapori ugrađuju u višestupanjska kompenzacijska postrojenja, ovisno o stupnju uključenosti kondenzatorskih baterija, mijenja se i rezonantna frekvencija o čemu treba voditi računa kako ne bi došlo do preopterećenja zapornog kruga. Jednako tako za dimenzioniranje zapornog kruga nužno je poznavati i vrijednosti pogonskih struja te struja kratkog spoja na mjestu ugradnje zapora.

NAPOMENA: Kod primjene prigušenih kompenzacijskih uređaja tonfrekventni zapor najčešće nije potreban.



Slika 2. Tonfrekventni zapor za jednu fazu

U trofaznim mrežama tonfrekventni zapor se instalira u svaku fazu.

- Ekološki prihvatljivi, suha MKK tehnologija impregnacija dušikom, izvedba u limenim kutijama ili ormarićima
- Snaga tipskih uređaja je od 10 do 50 kvar
- Stalni uređaji mogu biti opremljeni s NH 00 osigurač-sklopkom
- Neprigušeni uređaji mogu biti izvedeni s tonfrekventnim zaporom
- Prigušeni uređaji se opremaju sklopnikom ako prigušnica ima termičku zaštitu

Tehnički podaci

Standard	EN 60439-1; IEC 439-1; EN 60831-1
Izvedba	za unutarnju montažu (na zahtjev za vanjsku montažu)
Zaštitno kućište	IP 41
Boja	RAL 7032
Naponska ispitivanja	između priključaka 2,15 Un u trajanju 10 s između priključka i mase 3 kV, u trajanju 10 s
Dozvoljeno povišenje napona	$U_{max} = U_n + 10\%$
Dozvoljeno strujno preopterećenje	$I_{max} = 1,3 I_n$
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Temperatura okoline	-25 do + 35 °C



QFN 25 fikсни neprigušeni kompenzacijski uređaj (kondenzatorska baterija) 25 kvar



QFN 50 fikсни neprigušeni kompenzacijski uređaj u ormariću zaštite IP 56, sa zaporom za frekvenciju MTU

Fiksni neprigušeni kondenzatorski uređaji

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača do 20%, napon 400 (440) V, 50 Hz, trofazno.

Snaga kvar	Struja A	Kapacitet μ F	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
10	14,4	66	QFN10	11	300x400x130
12,5	18,0	83	QFN12	11	
15	21,6	100	QFN15	12	
20	28,8	133	QFN20	12	
25	36,1	166	QFN25	12	
30	43,3	200	QFN30	17	600x450x170
40	57,6	266	QFN40	18	
50	72,2	333	QFN50	19	

Fiksni prigušeni kondenzatorski uređaji

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača većim od 20%, napon 400 V (drugi naponi na zahtjev), 50 Hz, trofazno.

Prigušenje p = 5,67%

Snaga kvar	Struja A	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
25	36,1	QFP25-5,67	43	600x450x270
50	72,2	QFP50-5,67	61	

Prigušenje p = 7%

Snaga kvar	Struja A	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
10	14,4	QFP10-7	28	600x450x270
12,5	18,0	QFP12-7	30	
20	28,8	QFP20-7	36	
25	36,1	QFP25-7	41	
40	57,6	QFP40-7	48	
50	72,2	QFP50-7	56	

Prigušenje p = 14%

Snaga kvar	Struja A	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
12,5	18,0	QFP12-14	36	600x450x270
25	36,1	QFP25-14	51	
50	72,2	QFP50-14	64	

Na zahtjev možemo isporučiti stalne uređaje drugih snaga i nazivnih napona.

Područje primjene

QAN kompenzacijski uređaji koriste se za kompenzaciju jalove snage u mrežama s malim udjelom viših harmonika, odnosno u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača do 20% snage napojnog transformatora.

Izvedba

- Za snage 7,5 do 25 kvar, oznaka QANT, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=300x400x200 mm, za montažu na zid.
- Za snage 15 do 50 kvar, oznaka QANS, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=500x600x300 mm, za montažu na zid.
- Za snage 62,5 do 150 kvar, oznaka QANM, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=600x1100x350 mm za montažu na pod ili na zid.
- Za snage 175 do 500 kvar, oznaka QANL, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=600x2100x6000 mm ili šxvxd=600x2100x400 mm za montažu na pod. QANL uređaj može biti modularne izvedbe (moguće naknadno jednostavno povećanje snage uređaja).

Princip rada

Regulator faktora snage mjeri faktor snage i induktivnu (jalovu) snagu pogona kojeg kompenziramo. Ako je izmjereni faktor snage manji od zadanog, regulator uključuje posredstvom kondenzatorskih sklopnika potreban broj kondenzatorskih stupnjeva.

Priključak

Uređaj za kompenzaciju priključuje se kabelom na elektroenergetski razvod pogona kojeg kompenziramo. Presjek kabela i veličina osigurača na koje se priključni kabel spaja odabire se prema tablici u dodatku. Priključak na strujni mjerni transformator prijenosnog odnosa x/5 ili x/1 izvesti kabelom 2x2,5 mm². Ako je kabel za spajanje na strujni mjerni transformator dulji od 10 m, potreban je veći presjek.

Tehnički podaci

Standard	EN 60439-1; IEC 439-1; EN 60831-1
Izvedba	za unutarnju montažu (na zahtjev za vanjsku montažu)
Zaštitno kućište	IP 20 (veća zaštita kućišta na zahtjev)
Boja	RAL 7032, 7035
Nazivni napon	400 (440) V, 50 Hz
Naponska ispitivanja	između priključaka 2,15 Un u trajanju 10 s između priključka i mase 3 kV, u trajanju 10 s
Dozvoljeno povišenje napona	$U_{max} = U_n + 10\%$
Dozvoljeno strujno preopterećenje	$I_{max} = 1,3 I_n$
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Ukupni gubici uređaja	cca 1W/kvar
Temperatura okoline	-25 do + 35 °C
Hlađenje	prirodno ili prisilno

Nepričušeni kompenzacijski uređaji

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača do 20%, napon 400 (440) V, 50 Hz, trofazno.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
7,5	2,5+5	1:2	QANT 007	8	300x400x200
10	2,5+2,5+5	1:1:2	QANT 010	9	
12,5	2,5+5+5	1:2:2	QANT 012	10	
15	5+5+5	1:1:1	QANT 015	10	
17,5	2,5+5+10	1:2:4	QANT 017	10	
20	5+5+10	1:1:2	QANT 020	10	
25	5+10+10	1:2:2	QANT 025	11	
15	5+5+5	1:1:1	QANS 015	30	500x600x300
20	5+5+10	1:1:2	QANS 020	30	
25	5+10+10	1:2:2	QANS 025	30	
30	5+10+15	1:2:3	QANS 030	31	
37,5	12,5+12,5+12,5	1:1:1	QANS 037	34	
40	10+10+20	1:1:2	QANS 040	35	
50	10+20+20	1:2:2	QANS 050	36	
62,5	12,5+25+25	1:2:2	QANM 062	60	600x1100x350
75	2x12,5+2x25	1:1:2:2	QANM 075	60	
100	2x12,5+25+50	1:1:2:4	QANM 100	70	
125	5x25	1:1:1:1:1	QANM 125	72	
150	25+25+50+50	1:1:2:2	QANM 150	80	
175	25+3x50	1:2:2:2	QANL 175	170	600x2100x600 ili 600x2100x400
200	2x25+3x50	1:1:2:2:2	QANL 200	177	
250	2x25+4x50	1:1:2:2:2:2	QANL 250	187	
300	2x25+5x50	1:1:2:2:2:2:2	QANL 300	218	
350	2x25+6x50	1:1:2:2:2:2:2:2	QANL 350	238	
400	2x25+7x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2	QANL 400	260	
450	2x25+8x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2:2	QANL 450	275	
500	10x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QANL 500	290	

Na Vaš upit možemo isporučiti uređaje drugih snaga i konfiguracija.

Svaki od navedenih uređaja može biti isporučen s ugrađenim tonfrekventnim zaporom i / ili teretnom sklopkom.

Napomena:

Kompenzacijski uređaji bez prigušnica, s tonfrekventnim zaporom za MTU frekvenciju, primjenljivi su u mrežama s malim nivom viših harmonika. Napon petog i sedmog harmonika u_5 i u_7 , ne bi smio biti veći od 2%, zbog mogućeg preopterećenja uslijed rezonancije unutar zapornog tonfrekventnog kruga.



QANS 050 automatski nepričušeni kompenzacijski uređaj 50 kvar

Područje primjene

QAP kompenzacijski uređaji koriste se za kompenzaciju jalove snage u niskonaponskim mrežama s većim udjelom viših harmonika, odnosno u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača više od 20% snage napojnog transformatora. Svakom kondenzatorskom stupnju predspojena je prigušnica, tako da je rezonantna frekvencija serijskog titrajnog kruga niža od frekvencije petog harmonika. Stoga na frekvencijama viših harmonika serijski spoj kondenzatora i prigušnice ima induktivni karakter. Tako je spriječena mogućnost nastajanja rezonancije između induktiviteta mreže i kondenzatora kompenzacijskih uređaja na frekvencijama viših harmonika.

Kompenzacijski uređaji s prigušnicama, osim što kompenziraju jalovu snagu, filtriraju i struje viših harmonika. Što je manji faktor prigušenja p to je bolje filtriranje struje petog i sedmog harmonika. (Faktor prigušenja ($p\%$) daje odnos reaktancije prigušnice i kondenzatorske reaktancije kod osnovne frekvencije.) Prigušeni kondenzatorski uređaji također su pogodni za primjenu u mrežama s tonfrekventnim upravljanjem - MTU.

Izvedba

- Za snage 20 do 62,5 kvar, oznaka QAPM, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=600x1100x350 mm za montažu na pod (moguća je montaža i na zid).
- Za snage 75 do 250 kvar, oznaka QAPL, izvedba je u limenim ormarima šxvxd=600x2100x600 mm za montažu na pod. Za snage veće od 250 kvar, koristi se više ormara. Također je moguća izvedba u ormarima dimenzija prema želji i potrebama kupca.

Princip rada

Regulator faktora snage mjeri faktor snage i induktivnu (jalovu) snagu pogona kojeg kompenziramo. Ako je izmjereni faktor snage manji od zadanog, regulator uključuje posredstvom kondenzatorskih sklopnika potreban broj kondenzatorskih stupnjeva.

Priključak

Uređaj za kompenzaciju priključuje se kabelom na elektroenergetski razvod pogona kojeg kompenziramo. Presjek kabela i veličina osigurača na koje se priključni kabel spaja odabire se prema tablici u dodatku. Priključak na strujni mjerni transformator prijenosnog odnosa $x/5$ ili $x/1$ izvesti kabelom $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$.

Ako je kabel za spajanje na strujni mjerni transformator dulji od 10 m, potreban je veći presjek.

Tehnički podaci

Standard	EN 60439-1; IEC 439-1; EN 60831-1
Izvedba	za unutarnju montažu (na zahtjev za vanjsku montažu)
Zaštitno kućište	IP 20
Boja	RAL 7032, 7035
Nazivni napon	400 V, 50 Hz
Naponska ispitivanja	između priključaka $2,15 U_n$ u trajanju 10 s između priključka i mase 3 kV, u trajanju 10 s
Dozvoljeno povišenje napona	$U_{max} = U_n + 10\%$
Dozvoljeno strujno preopterećenje	$I_{max} = 1,3 I_n$
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Ukupni gubici uređaja	cca 5W/kvar
Temperatura okoline	-25 do + 35 °C
Hlađenje	prisilno ili prirodno

Kompensacijski uređaji s prigušnicama za prigušenje $p=5,67\%$ ($f_r=210$ Hz)

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača preko 20% i MTU frekvencijom većom od 350 Hz. Nazivni napon 400 V (drugi viši napon na zahtjev), 50 Hz, trofazno. Filtriranje (usisavanje) 5. harmonika do 50%.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
150	25+25+50+50	1:1:2:2	QAPL 150-5,67	370	600x2100x600
200	2x25+3x50	1:1:2:2:2	QAPL 200-5,67	440	
250	2x25+4x50	1:1:2:2:2:2	QAPL 250-5,67	490	
300	2x25+5x50	1:1:2:2:2:2:2	QAPL 300-5,67	710	1200x2100x600
350	2x25+6x50	1:1:2:2:2:2:2:2	QAPL 350-5,67	780	
400	2x25+7x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 400-5,67	850	
450	2x25+8x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 450-5,67	920	
500	10x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 500-5,67	950	
600	12x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 600-5,67	1290	1800x2100x600
700	14x50	1:1:1:1:2:2:2:2:2:2	QAPL 700-5,67	1400	

Kompensacijski uređaji s prigušnicama za prigušenje $p=7\%$ ($f_r=189$ Hz)

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača preko 20% i MTU frekvencijom većom od 250 Hz. Nazivni napon 400 V (drugi viši napon na zahtjev), 50 Hz, trofazno. Filtriranje (usisavanje) 5. harmonika do 20%.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
20	5+5+10	1:1:2	QAPM 020-7	80	600x1100x350
25	5+10+10	1:2:2	QAPM 025-7	82	
30	5+5+10+10	1:1:2:2	QAPM 030-7	88	
37,5	12,5+12,5+12,5	1:1:1	QAPM 037-7	90	
40	10+10+10+10	1:1:1:1	QAPM 040-7	92	
50	12,5+12,5+25	1:1:2	QAPM 050-7	100	
62,5	12,5+25+25	1:2:2	QAPM 062-7	103	
75	2x12,5+2x25	1:1:2:2	QAPL 075-7	175	600x2100x600
100	2x12,5+25+50	1:1:2:4	QAPL 100-7	237	
125	25+50+50	1:2:2	QAPL 125-7	281	
150	25+25+50+50	1:1:2:2	QAPL 150-7	370	
200	2x25+3x50	1:1:2:2:2	QAPL 200-7	440	
250	2x25+4x50	1:1:2:2:2:2	QAPL 250-7	490	
300	2x25+5x50	1:1:2:2:2:2:2	QAPL 300-7	710	1200x2100x600
350	2x25+6x50	1:1:2:2:2:2:2:2	QAPL 350-7	780	
400	2x25+7x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 400-7	850	
450	2x25+8x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 450-7	930	
500	10x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 500-7	950	
600	12x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 600-7	1290	1800x2100x600
700	14x50	1:1:1:1:2:2:2:2:2:2	QAPL 700-7	1410	

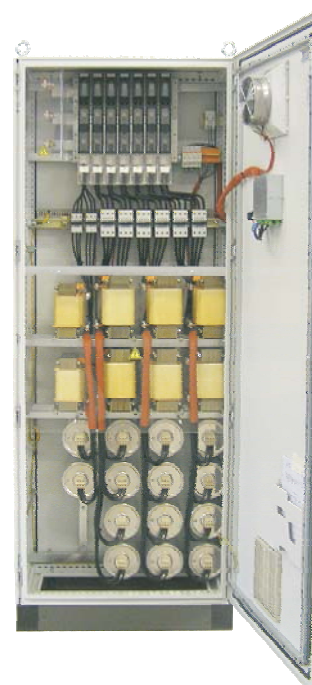
Kompensacijski uređaji s prigušnicama za prigušenje $p=14\%$ ($f_R=134$ Hz)

Za primjenu u mrežama s udjelom nelinearnih potrošača preko 20% i MTU frekvencijom većom od 160 Hz. Nazivni napon 400 V (drugi viši napon na zahtjev), 50 Hz, trofazno. Filtriranje (usisavanje) 3. harmonika.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
20	5+5+10	1:1:2	QAPM 020-14	80	600x1100x350
25	5+10+10	1:2:2	QAPM 025-14	82	
30	5+5+10+10	1:1:2:2	QAPM 030-14	89	
40	10+10+10+10	1:1:1:1	QAPM 040-14	152	
50	12,5+12,5+25	1:1:2	QAPM 050-14	155	
75	2x12,5+2x25	1:1:2:2	QAPL 075-14	197	600x2100x600
100	2x12,5+25+50	1:1:2:4	QAPL 100-14	315	
125	25+50+50	1:2:2	QAPL 125-14	332	
150	25+25+50+50	1:1:2:2	QAPL 150-14	398	
200	2x25+3x50	1:1:2:2:2	QAPL 200-14	504	
250	2x25+4x50	1:1:2:2:2:2	QAPL 250-14	568	
300	2x25+5x50	1:1:2:2:2:2:2	QAPL 300-14	710	1200x2100x600
350	2x25+6x50	1:1:2:2:2:2:2:2	QAPL 350-14	780	
400	2x25+7x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 400-14	910	
450	2x25+8x50	1:1:2:2:2:2:2:2:2:2	QAPL 450-14	926	
500	10x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 500-14	950	
600	12x50	1:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	QAPL 600-14	1290	1800x2100x600
700	14x50	1:1:1:1:2:2:2:2:2	QAPL 700-14	1390	



QAPM 040-14 automatski prigušeni kompenzacijski uređaj 40 kvar, $p=14\%$



QAPL 350-7 automatski prigušeni kompenzacijski uređaj 350 kvar, $p=7\%$

Područje primjene

QDP kompenzacijski uređaji koriste se za kompenzaciju jalove snage u niskonaponskim mrežama s potrošačima bržeg ritma. Kako je u tim mrežama ujedno izraženo i prisustvo viših harmonika dinamički uređaji izvode se u prigušenom obliku. U dinamičkim uređajima kondenzatorski sklopnici zamijenjeni su tiristorskim modulima koji vrše sklapanje u izuzetno kratkom vremenu od nekoliko milisekundi. Tiristorski modul preklapa kondenzatore bez uklopnog strujnog udara, a omogućuje skoro neograničen broj sklapanja. Time je povećana pouzdanost, životni vijek i sigurnost kompletnog kompenzacijskog sustava. Reagiranje na promjene potrebe za jalovom snagom je promptno što pridonosi povećanju kvalitete električne energije u mreži. Reakcija je na primjer dovoljno brza da eliminira negativne efekte prilikom starta motora ili prilikom procesa zavarivanja. Svakom kondenzatorskom stupnju predspojena je prigušnica, tako da je rezonantna frekvencija serijskog titrajnog kruga niža od frekvencije petog harmonika. Time je sprječena mogućnost nastajanja rezonancije između induktiviteta mreže i kondenzatora kompenzacijskih uređaja na frekvencijama viših harmonika, a ujedno se filtriraju i struje viših harmonika.

Tipična primjena dinamičkih kompenzacijskih uređaja:

- automobilska industrija (zavarivanje, preše)
- liftovi i kranovi
- kompenzacija starta velikih motora
- platforme za bušenje nafte
- vjetroturbine
- točkasto zavarivanje

Princip rada

Regulator faktora snage mjeri faktor snage i induktivnu (jalovu) snagu pogona kojeg kompenziramo. Ako je izmjereni faktor snage manji od zadanog, regulator s tranzistorskim izlazima (bez kašnjenja) uključuje posredstvom tiristorskih sklopki potreban broj kondenzatorskih stupnjeva.

Priključak

Uređaj za kompenzaciju priključuje se kabelom na elektroenergetski razvod pogona kojeg kompenziramo. Presjek kabela i veličina osigurača na koje se priključni kabel spaja odabire se prema tablici u dodatku. Priključak na strujni mjerni transformator prijenosnog odnosa $x/5$ ili $x/1$ izvesti kabelom $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$.

Ako je kabel za spajanje na strujni mjerni transformator dulji od 10 m, potreban je veći presjek.

Tehnički podaci

Standard	EN 60439-1; IEC 439-1; EN 60831-1
Izvedba	za unutarnju montažu
Zaštitno kućište	IP 20
Boja	RAL 7032, 7035
Nazivni napon	400 V, 50 Hz ili 690 V, 50 Hz
Naponska ispitivanja	između priključaka $2,15 U_n$ u trajanju 10 s između priključka i mase 3 kV, u trajanju 10 s
Dozvoljeno povišenje napona	$U_{max} = U_n + 10\%$
Dozvoljeno strujno preopterećenje	$I_{max} = 1,3 I_n$
Tolerancija kapaciteta	-5% / +10%
Temperatura okoline	-25 do + 35 °C
Hlađenje	prisilno

Dinamički kompenzacijski uređaji s prigušnicama za prigušenje $p=5,67\%$ ($f_r=210$ Hz)

Za primjenu u mrežama s potrošačima bržeg ritma, udjelom nelinearnih potrošača preko 20% i MTU frekvencijom većom od 350 Hz. Nazivni napon 400 V, 50 Hz, trofazno. Filtriranje (usisavanje) 5. harmonika do 50%.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
150 200	25+25+50+50 2x25+3x50	1:1:2:2 1:1:2:2:2	QDPL 150-5,67 QDPL 200-5,67	460 540	800x2100x600
250 300	2x25+4x50 6x50	1:1:2:2:2:2 1:1:1:1:1:1	QDPL 250-5,67 QDPL 300-5,67	710 760	1200x2100x600
350 400	7x50 8x50	1:1:1:1:1:1:1 1:1:1:1:1:1:1:1	QDPL 350-5,67 QDPL 400-5,67	920 990	1600x2100x600
450 500 600 700	9x50 10x50 2x50+5x100 2x50+6x100	1:1:1:1:1:1:1:1:1 1:1:1:1:1:1:1:1:1:1 1:1:2:2:2:2:2:2 1:1:2:2:2:2:2:2	QDPL 450-5,67 QDPL 500-5,67 QDPL 600-5,67 QDPL 700-5,67	1170 1210 1340 1450	1800x2100x600

Dinamički kompenzacijski uređaji s prigušnicama za prigušenje $p=7\%$ ($f_r=189$ Hz)

Za primjenu u mrežama s s potrošačima bržeg ritma, udjelom nelinearnih potrošača preko 20% i MTU frekvencijom većom od 250 Hz. Nazivni napon 400 V, 50 Hz, trofazno. Filtriranje (usisavanje) 5. harmonika do 20%.

Snaga kvar	Broj i snaga stupnjeva	Sekvenca	Tip	Približna težina kg	Dimenzije ŠxVxD mm
62,5 75 100 125	12,5+25+25 2x12,5+2x25 2x25+50 25+50+50	1:2:2 1:1:2:2 1:1:2 1:2:2	QDPL 062-7 QDPL 075-7 QDPL 100-7 QDPL 125-7	165 195 260 300	600x2100x600
150 200	25+25+50+50 2x25+3x50	1:1:2:2 1:1:2:2:2	QDPL 150-7 QDPL 200-7	460 540	800x2100x600
250 300	2x25+4x50 6x50	1:1:2:2:2:2 1:1:1:1:1:1	QDPL 250-7 QDPL 300-7	710 760	1200x2100x600
350 400	7x50 8x50	1:1:1:1:1:1:1 1:1:1:1:1:1:1:1	QDPL 350-7 QDPL 400-7	920 990	1600x2100x600
450 500 600 700	9x50 10x50 2x50+5x100 2x50+6x100	1:1:1:1:1:1:1:1:1 1:1:1:1:1:1:1:1:1:1 1:1:2:2:2:2:2:2 1:1:2:2:2:2:2:2	QADL 450-7 QADL 500-7 QDPL 600-7 QDPL 700-7	1170 1210 1340 1450	1800x2100x600

Napomene:

- izvedba je moguća i u ormarima dimenzija prema želji i potrebama kupca
- moguća je i izvedba sa prigušnicama za prigušenje $p=14\%$ ili drugo potrebno prigušenje
- moguća je izvedba za nazivni napon 690 V

Općenito:

AHFI je moderan, univerzalno iskoristiv aktivni harmonički filter za filtriranje harmonika uzrokovanih prisustvom nelinearnih tereta u mreži i za dinamičku kompenzaciju jalove snage.

Kako je moguće paralelno povezivanje do 5 AHFI jedinica, moguće je prilagoditi potrebnu izlaznu snagu prema opterećenju predmetne mreže. Također je moguće rezerve u snazi rasporediti za vrlo brzu dinamičku kompenzaciju jalove snage i simetiranje tereta.

Funkcija:

AHFI harmonički filter spaja se paralelno izvorima viših harmonika. AHFI analizira harmonički spektar i amplitude pojedinih harmonika, te šalje u mrežu odgovarajuće vrijednosti pojedinih harmonika suprotnog predznaka. Time je harmonička distorzija neutralizirana. AHFI može filtrirati harmonike do 50-og reda. Osnovna prednost AHFI harmoničkog filtera je ekstremno brza dinamička reakcija na promjene harmoničkog opterećenja.

Tipična primjena aktivnih filtera:

- računalni centri
- naftna i plinska industrija
- banke i osiguravajuća društva
- skijaške vučnice
- platforme za bušenje nafte
- velike poslovne zgrade
- poluvodička industrija
- automobilska industrija



Tehnički podaci

Frekvencija preklapanja	16 kHz
Kapacitet preopterećenja	2,5*In do 10ms
Temperatura okoline	40 °C (do 55°C max.)
Sučelje	RJ-45, RS485, Modbus
Vrijeme reakcije	300 mikrosekundi
Regulacija	digitalna s FFT analizom
Mehanička zaštita	IP20 (IP54 za In≥200)
Certifikacija	CE, UL

Aktivni harmonički filter 3L (3 vodiča - spajanje na L1, L2 i L3)

Nazivni napon: 380 V -15% do 480 V +10%

Nazivna struja A	Tip	Težina kg	Dimenzije ŠxVxD (mm)
30	AHFI 030-3	47	360x590x290
50	AHFI 050-3	47	360x590x290
100	AHFI 100-3	95	470x970x415
200	AHFI 200-3	395	800x2000x600
250	AHFI 250-3	395	800x2000x600
300	AHFI 300-3	395	800x2000x600

Aktivni harmonički filter 4L (4 vodiča - spajanje na L1, L2, L3 i N)

Nazivni napon: 380 V -15% do 400 V +15%

Nazivna struja A	Tip	Težina kg	Dimenzije ŠxVxD (mm)
30	AHFI 030-4	47	360x590x290
60	AHFI 060-4	47	360x590x290
100	AHFI 100-4	135	470x1355x415
200	AHFI 200-4	495	800x2000x600
250	AHFI 250-4	495	800x2000x600
300	AHFI 300-4	495	800x2000x600

Presjek priključnog kabela i nazivna struja osigurača za automatske kompenzacijske uređaje	19/2
Presjek priključnog kabela i nazivna struja osigurača za stalne kompenzacijske uređaje	19/2
Pojedinačna kompenzacija transformatora	19/3
Pojedinačna kompenzacija motora	19/4
Frekvencije signala mrežnog tonfrekventnog upravljanja MTU po distributivnim područjima u Hrvatskoj	19/5
Identifikacija kondenzatora koji sadrže PCB	19/6
Temperaturne klase kondenzatora	19/6
Stupnjevi zaštite električne opreme ostvarene pomoću zaštitnih kućišta	19/7

Presjek priključnog kabela i nazivna struja osigurača za automatske kompenzacijske uređaje

Nazivna snaga kvar	Nazivna struja A	Osigurač po fazi L1, L2, L3 A	Presjek kabela L1, L2, L3 mm ²
7,5	11	20	2,5
10	12	25	4
12,5	18	35	6
15	22	50	10
20	29	50	10
25	36	63	16
30	43	80	25
35	51	80	25
40	58	100	35
45	65	100	35
50	72	125	35
60	87	160	70
70	101	160	70
75	108	160	70
80	115	200	95
100	144	250	120
125	180	315	150
150	217	355	2 x 70
160	231	355	2 x 70
175	253	400	2 x 95
200	289	500	2 x 120
250	361	630	2 x 150
300	433	2 x 355 ¹⁾	2 x 185
350	505	2 x 400 ¹⁾	4 x 95
400	577	2 x 500 ¹⁾	4 x 120
450	650	2 x 630 ¹⁾	4 x 150
500	722	2 x 630 ¹⁾	4 x 150

¹⁾ S tim osiguračima preporuča se upozorna pločica "Pozor, povratni napon kroz paralelni kabel".

Presjek priključnog kabela i nazivna struja osigurača za stalne kompenzacijske uređaje

Nazivna snaga kvar	Nazivna struja L1, L2, L3 A	Osigurač po fazi L1, L2, L3 A	Presjek kabela mm ²
5	7.2	16	2.5
6.3	9	20	2.5
7.5	10.8	20	2.5
8.3	12	20	2.5
10.4	15	25	4
12.5	18	35	6
15	21.7	50	10
16.7	24	50	10
20.8	30	50	10
25	36	63	16
50	72	125	35
60	86	160	50
100	144	250	70

Tabela se odnosi na uređaje za kompenzaciju jalove snage bez i sa prigušnicama, četvero-žilne PVC trofazne kabele s bakrenim vodičima (PP00 - NYY), u zraku, temperatura okoline do +35 °C.

Tabela se ne odnosi na druge tipove kabela ili temperature okoline.

Napomena: preporučuju se visokoučinski osigurači karakteristike gG (IEC 269-2-1).

Pojedinačna kompenzacija transformatora

Treba pokriti samo jalovu snagu praznog hoda. Kod trofaznih transformatora iznosi kompenzacijska snaga, već prema veličini, između 3 i 10% njihove nazivne snage.

Nazivna snaga trafoa kVA	Orijentacijske vrijednosti snaga kondenzatora kod primarnog napona od:					
	5 - 10 kV		15 - 20 kV		25 - 30 kV	
	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar
10	1.2	1.7	1.5	2	1.7	2.2
20	2	3	2.5	3.5	3	4
25	2.5	3.5	3	4	4	5
50	3.5	6	5	7.5	6	9
75	5	8	6	9	7	11
100	6	10	8	11	10	13
160	10	12	12.5	15	15	18
200	11	17	14	19	18	22
250	15	20	18	22	22	25
315	18	25	20	28	24	32
400	20	30	22	36	28	40
500	22	40	25	45	30	50
630	28	46	32	52	40	62
1000	45	80	50	85	55	95
1250	50	85	55	90	60	100
1600	70	100	60	110	70	120
2000	80	160	85	170	90	180
5000	150	300	170	200	200	250

Elektroprivredno distributivno poduzeće za distributivne transformatorske stanice preporuča sljedeće veličine kondenzatora:

Snaga transformatora kVA	Snaga kondenzatora kvar
50	12,5
100	12,5
160	25
250	25
400	50
630	50
1000	50
1600	75
2000	100

Pojedinačna kompenzacija uređaja za zavarivanje

Snaga kondenzatora kod trafoa za zavarivanje odabire se tako da ona iznosi 40 - 50% prividne snage transformatora.

Ispravljači za zavarivanje trebaju snagu kondenzatora otprilike 10% prividne snage uređaja.

Pojedinačna kompenzacija motora

Snaga kondenzatora ne smije biti viša od jalove snage praznog hoda motora, ako se motor i kondenzator uklapaju istim sklopnikom. Isklapanjem motorskog sklopnika, kondenzator se prazni kroz namot elektromotora, što ponekad rezultira neželjenim i opasnim efektima, te preporučujemo koristiti poseban sklopnik za uklapanje kondenzatora, kao i posebne osigurače.

Nazivna snaga motora kW	Orijentacijske vrijednosti jalove snage kod praznog hoda i punog tereta									
	3000 o/min		1500 o/min		1000 o/min		750 o/min		500 o/min	
	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar	prazni hod kvar	puni teret kvar
0,18	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6
0,37	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,9
0,55	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9
0,75	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1
1,1	0,7	0,9	0,7	1	0,9	1,2	1	1,3	1,1	1,4
1,5	0,8	1	1	1,2	1,1	1,4	1,2	1,6	1,3	1,8
2,2	1,1	1,4	1,2	1,5	1,4	1,8	1,7	2,2	2	2,4
3	1,5	1,8	1,6	2	1,8	2,4	2,3	3	2,5	3,2
4	1,8	2,3	2	2,6	2,2	2,9	2,7	3,5	2,9	3,8
5,5	2,2	2,9	2,4	3,3	2,7	3,6	3,2	4,3	4	5,2
7,5	3,4	4,4	3,6	4,8	4,1	5,4	4,6	6,1	5,5	7,2
11	5	6,5	5,5	7,2	6	8	7	9	7,5	10
15	6,5	8,5	7	9,5	8	10	9	12	10	13
18,5	8	11	9	12	10	13	11	15	12	16
22	10	12,5	11	13,5	12	15	13	16	15	18
30	14	18	15	20	17	22	20	25	22	28
37	18	24	20	27	22	30	26	34	29	39
45	19	28	21	31	24	34	28	38	31	43
55	22	34	25	37	28	41	32	46	36	52
75	28	45	32	49	37	54	41	60	45	68
90	34	54	39	59	44	65	49	72	54	83
110	40	64	46	70	52	76	58	85	63	98
132	45	72	53	80	60	87	67	97	75	110
160	54	86	64	96	72	103	81	116	91	132
200	66	103	77	115	87	125	97	140	110	160
250	75	115	85	125	95	137	105	150	120	175

Frekvencije signala mrežnog tonfrekventnog upravljanja MTU po distributivnim područjima u Hrvatskoj (podaci za 04.2008.)

DISTRIBUCIJSKO PODRUČJE		Frekvencija MTU signala (Hz)
1.	Elektra Bjelovar	nema
2.	Elektra Čakovec	283,3
3.	Elektrojug Dubrovnik	208,3
4.	Elektrolika Gospić	216,6
5.	Elektra Karlovac	nema ¹
6.	Elektra Koprivnica	420
7.	Elektra Križ	nema
8.	Elektroslavonija Osijek	nema
9.	Elektra Požega	283,3
10.	Elektroistra Pula	283,3
11.	Elektroprimorje Rijeka	216,6
12.	Elektra Slavonski Brod	nema
13.	Elektra Sisak	nema
14.	Elektrodalmacija Split	208,3
15.	Elektra Šibenik	208,3 ²
16.	Elektra Varaždin	316,6
17.	Elektra Vinkovci	nema
18.	Elektra Virovitica	283,3
19.	Elektra Zabok	nema ³
20.	Elektra Zadar	208,3 ⁴
21.	Elektra Zagreb	283,3

1 - U pripremi 203,3 & 216,6

2 - Grad Knin 283,3

3 - U planu 283,3

4 - Otoci Silba, Olib, Premuda, Ist i Molat – 216,6

Identifikacija kondenzatora koji sadrže PCB

Jednostavni načini za identifikaciju piralenskih (PCB) kondenzatora:

- TIP KONDENZATORA - podatak sa tablice, sadrži podatke o seriji kondenzatora i sastavljen je od brojeva i slova. Iz njega je moguće utvrditi, da li sadrži PCB (npr. ISKRA u tipovima KPK, KPVK, KTVK, KGV, KPM i KPF sadrži PCB).
- NAZIVNA SNAGA - podatak sa tablice omogućava povezanost s PCB-om kroz omjer snaga/masa, jer su piralenski kondenzatori bili veći i teži od ostalih NN kondenzatora. Masa piralenskih kondenzatora je cca 1-1,3 kg po kvar snage.
- PROIZVOĐAČ - podatak sa tablice skoro sa sigurnošću upućuje na piralenske kondenzatore, jer su npr. svi u MINEL-u ili u istočnoj Europi (SSSR, DDR itd.) proizvedeni kondenzatori punjeni s PCB-om. Za ISKRA-u se zna da su do 1.2.1985 upotrebljavali PCB, itd.
- GODINA PROIZVODNJE - podatak sa tablice je značajan jer iz godine proizvodnje možemo lagano utvrditi prisustvo PCB-a, jer u načelu je poznato, da su npr. u Francuskoj prestali upotrebljavati PCB 1984. godine, u Njemačkoj 1982. godine, itd. Za ISKRA-u je poznat prijelomni datum, to je 1.2.1985. kada su definitivno prestali upotrebljavati PCB. A 1982. godine je ISKRA započela s proizvodnjom KNK i KLV energetskih kondenzatora bez PCB-a. Za MINEL i istočnu Europu se zna, da su praktično do kraja osamdesetih godina upotrebljavali PCB.
- IMPREGNANT - podatak sa tablice, ako je napisan, konačno odagna sve nedoumice o tome, da li kondenzator sadrži PCB – npr. ISKRA je upisivala "2-3 CD" podatak (odnosi se na PCB s dva ili tri atoma klora). Možemo naći upisano također PCB, CLOPHEN, ASKAREL ili neki drugi od komercijalnih naziva PCB-a.

Ugrađene piralenske kondenzatore, koji su u prosjeku stari više od 20 godina, moramo povezati s vrlo vjerojatnim onečišćenjem okoliša, jer su zbog svoje već prekoračene životne dobi, te promijenjenih pogonskih naponskih prilika (prenaponi, THD, itd.) prave ekološke bombe dioksina i furana. Nerijetko se dešavaju i pojave "eksplozija" kondenzatora povezanih s mehaničkim otvaranjem kućišta.

Ukoliko bi poštivali upute iz američkih zakona, da NN kondenzatori mogu raditi najviše 15 godina, a VN kondenzatori najviše 20 godina, morali bi sve uređaje za kompenzaciju jalove snage koji sadrže kondenzatore s PCB-om odmah zamijeniti.

Temperатурne klase kondenzatora

Kondenzatori se prema IEC 60831 svrstavaju u temperатурne klase. Svaka klasa ima brojčanu oznaku najniže temperature okoline na kojoj kondenzator može raditi (npr. -5°C, -25°C, -40°C), te slovnu oznaku gornje temperатурne granice čije je značenje objašnjeno u tablici:

Slovna oznaka	Temperatura okoline (°C)		
	Maksimum	Dopuštena srednja vrijednost temperature u periodu	
		24 h	1 godina
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Stupnjevi zaštite električne opreme ostvarene pomoću zaštitnih kućišta

Stupanj zaštite ostvaren pomoću zaštitnog kućišta označava se sa dva slova IP i sa dva broja koji pokazuju udovoljavanje zahtjevima iz tabele.

Prvi broj označava zaštitu električne opreme od prodiranja čvrstih tijela i prašine.

Drugi broj označava zaštitu električne opreme od štetnog djelovanja prodiranjem vode.

PRVI BROJ	OPIS
0	Nema zaštite
1	Zaštita od čvrstih predmeta > 50 mm (npr. ruke)
2	Zaštita od čvrstih predmeta > 12 mm (npr. prstiju)
3	Zaštita od čvrstih predmeta > 2,5 mm
4	Zaštita od čvrstih predmeta > 1 mm
5	Zaštita od prašine (količina prašine nije dovoljna da izazove smetnje u radu opreme)
6	Potpuna zaštita od prašine (prašina uopće ne prodire u kućište)

DRUGI BROJ	OPIS
0	Nema zaštite
1	Zaštita od vertikalnih kapljica vode
2	Zaštita od kapljica vode pod kutem do 15°
3	Zaštita od kiše pod kutem do 60°
4	Zaštita od prskanja vodom iz svih smjerova
5	Zaštita od mlaza vode iz svih smjerova
6	Zaštita od valova vode (na brodu)
7	Zaštita pri uronjavanju u vodu
8	Zaštita kod trajnog uranjanja i držanja pod vodom



Slovenski inštitut za
kakovost in meroslovje
Slovenian Institute of
Quality and Metrology

Certifikat / Certificate

for
Management System

ERG d.o.o.
Varaždin, Hrvatska

Design, production, installation and maintenance
of electrical equipment for power factor correction

*adequately operates and maintains a management system
which meets the requirements of the standard*

ISO 14001:1996

Certificate No. / Certification date

E-059 / 2002-07-26

For and on behalf of SIQ

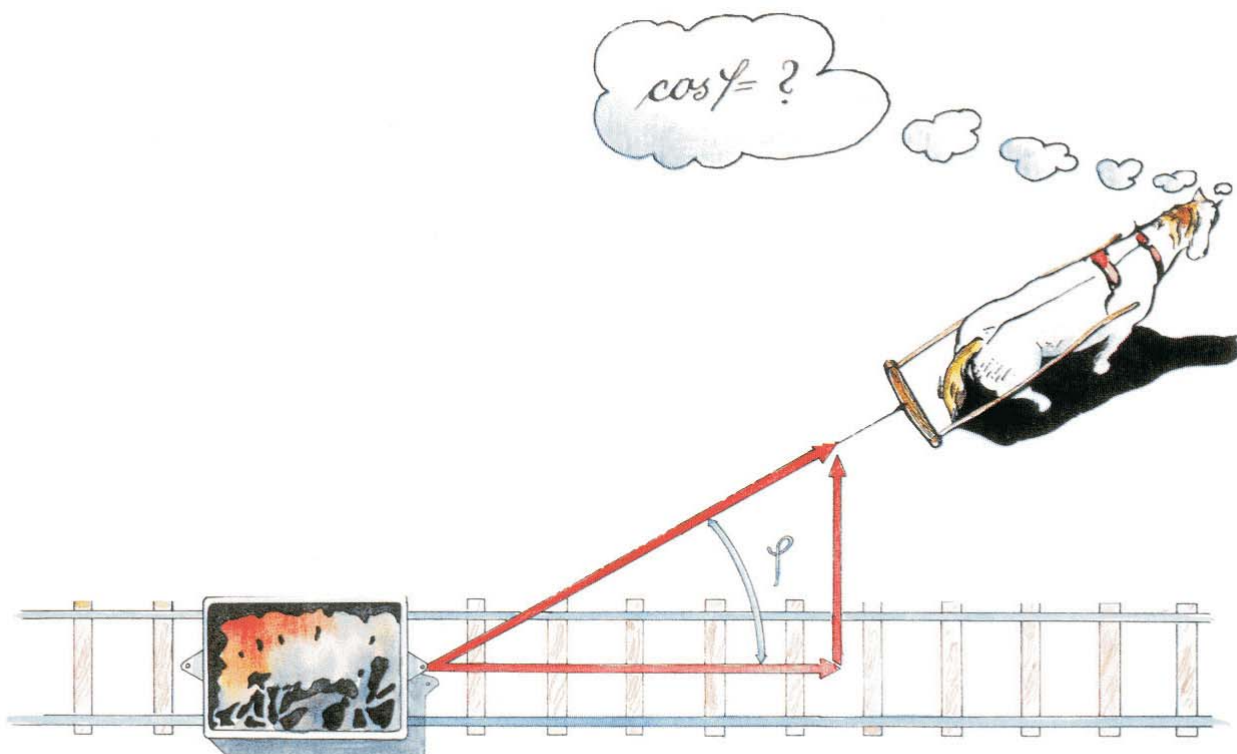
Managing Director



SIST EN 45012
EMS-001



1473
EMS



ERG d.o.o.

Kučanska 4

HR-42000 VARAŽDIN

Tel: +385 (0) 42 351 777

Fax: +385 (0) 42 351 770

E-mail: erg@erg.hr

Internet: www.erg.hr