

# SineWave™ aktivni harmonski filter

## Prednosti SineWave™

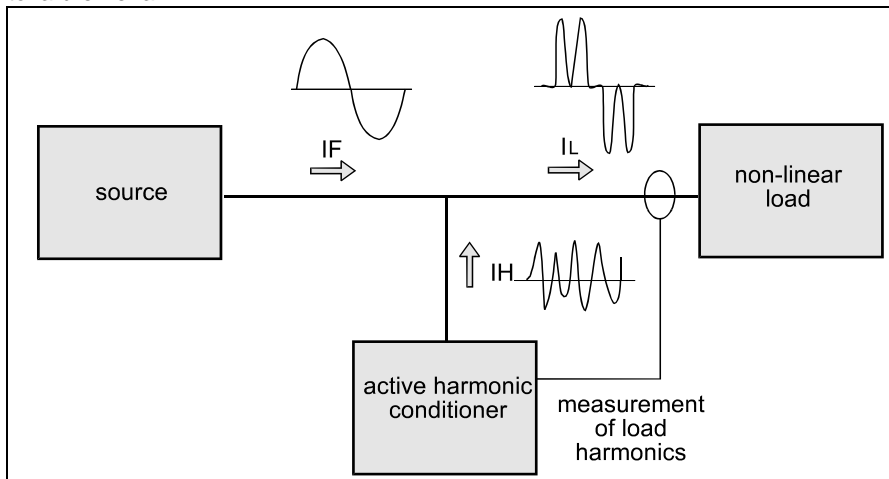
- selektivna eliminacija izbranih ali vseh harmonikov.
- "širokopasovna" rešitev od H3 do H25.
- majhne dimenzije.
- ni rizika preobremenitve.
- avtomatična prilagoditev za vse tipe bremen.
- $\cos \varphi$  kompenzacija.
- ekonomičnost : če so harmoniki zmanjšani na polovico, so izgube zmanjšane na četrtno.

## Princip delovanja

### Filtriranje

Iz energetskega izvora prihaja izključno osnovna komponenta (IF) toka bremen.

Aktivni filter v realnem času meri harmonike (IH), ki jih povzročajo breme. Tok na vhodu v breme je:  $IL = IF + IH$



Slika 2.9 : Korekcija harmonikov s pomočjo SineWave™.

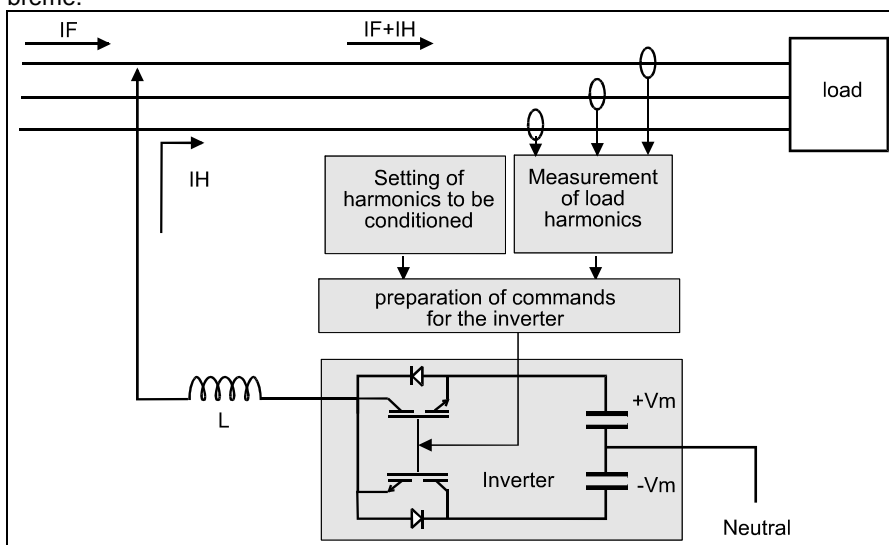
### Načini delovanja

Moč, potrebna za korekcijo, je vzeta iz trifazne mreže ter je shranjena v dušilko L in kondenzatorje, oboji pa so nabiti na napetost med  $+V_m$  in  $-V_m$ . Glede na predznak potrebnega harmonskega toka je modulirana širina pulza enega ali drugega kondenzatorja. Moč, oddana v breme, je odvisna od:

- izmerjenih vrednosti harmonikov;
- zahtev uporabnika, ki jih je postavil pri konfiguraciji sistema. Tokovni transformator določa spekter (osnovni val in harmonike) toka, oddanega v breme.

Uporabnik lahko izbira:

- korekcijo vseh harmonikov ali korekcijo samo nekaterih harmonikov;
  - kompenzacijo  $\cos \varphi$  z ustvarjanjem toka osnovne frekvence, vendar premaknjene proti napetosti za  $90^\circ$ . Glede na zahtevo uporabnika in izmerjene vrednosti procesor pripravlja krmiljenje inverterja, ki se po meritvah izvaja v eni fazi.
- Napajanje SineWave™ je vedno trifazno**, vendar je kljub temu možna tudi korekcija enofaznih bremen.



Slika 2.10 : Delovanje Sinewave™.

## Načini korekcije

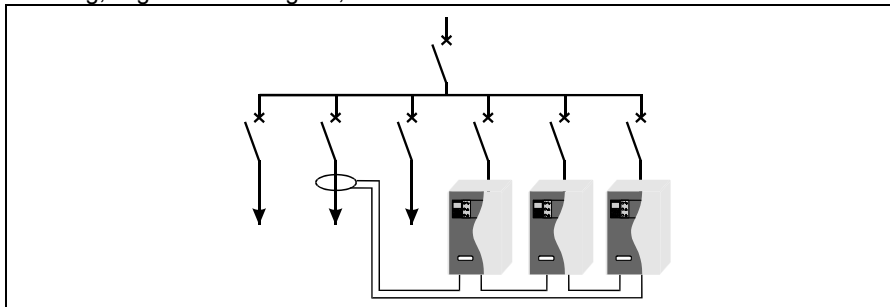
### Paralelni način (slika 2.11)

Za povečanje kapacitete korekcije harmonikov in / ali sposobnosti sistema je v isto točko instalacije mogoče priključiti **največ štiri** aktivne korektorje SineWave™.

Za paralelni način je potreben **en komplet senzorjev**, priključen v tokokrog, ki ga želimo korigirati,

potrebna pa je tudi žična povezava za prenašanje rezultatov meritev toka bremena v posamične filtre.

V primeru, da en filter izpade, ostali filtri harmonike še vedno korigirajo, seveda v obsegu svojih nazivnih kapacitet korekcije.



Slika 2.11 : Paralelno delovanje treh aktivnih harmonskih filtrov SineWave™.

### Kaskadni ali serijski način (slika 2.12)

"Kaskadni" ali "serijski" način delovanja je možen, vendar je pri takem delovanju potrebna posebna nastavitvev, da se prepreči medsebojni vpliv posamičnih filtrov. Filter, ki je

bližje bremenu, v splošnem korigira breme velike moči, medtem ko drugi filter, priključen bližje izvoru, korigira druge tokokroge manjših moči in, kjer je potrebno, korigira tudi preostale harmonike, ki jih prvi filter ni korigiral.

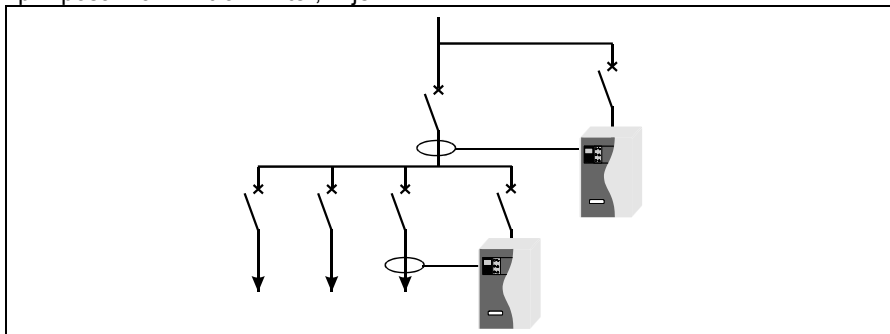


Fig. 2.12 : Aktivni harmonski filtri SineWave™ v kaskadnem načinu delovanja.

### Način korekcije več tokokrogov (slika 2.13)

Pri tem načinu en filter lahko korigira do največ tri bremenske tokokroge. V tem primeru je za vsak tokokrog

potreben poseben sklop senzorjev in vsak sklop je priključen na SineWave™. Ta konfiguracija je zelo uporabna v postrojih, kjer so harmoniki koncentrirani na majhno število tokokrogov.

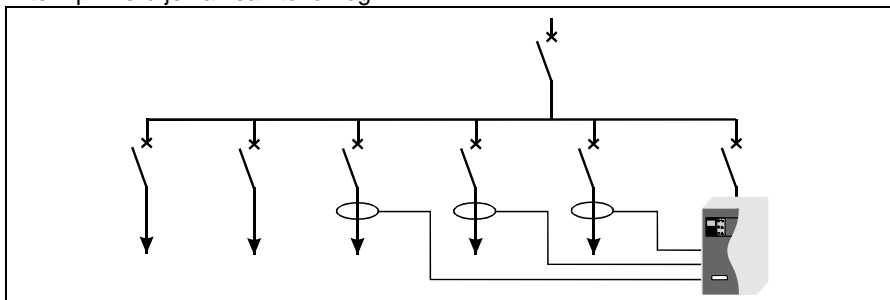


Fig. 2.13 : En aktivni filter SineWave™ za več tokokrogov.

# inštalacija SineWave™

## Totalna (ali centralna) korekcija

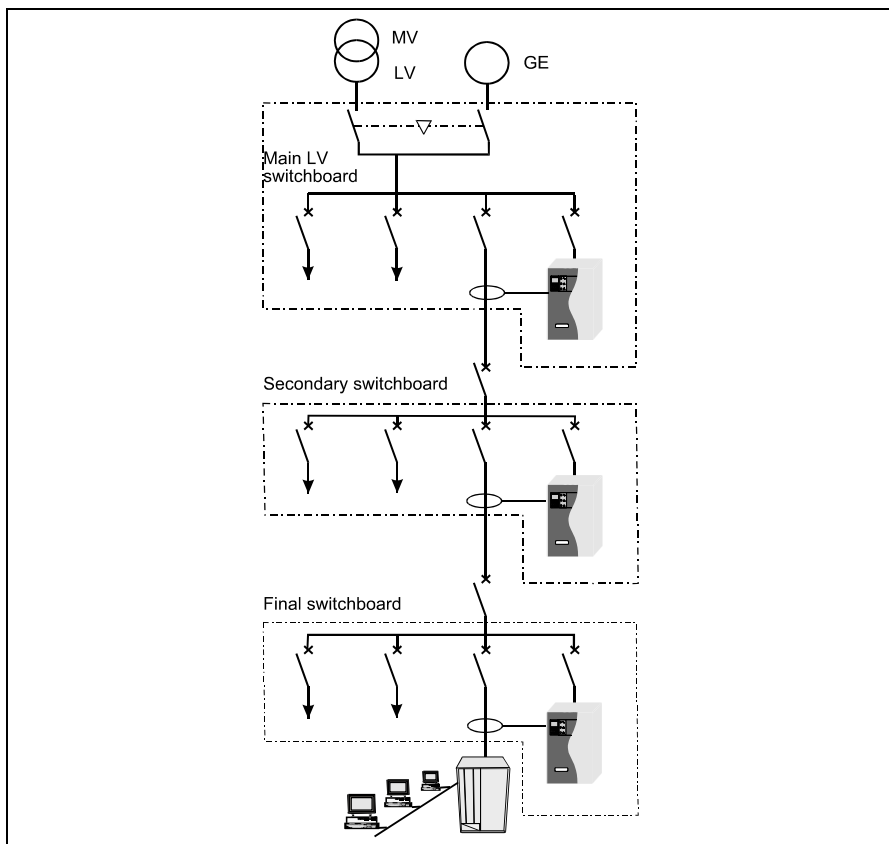
Aktivni filter harmonikov je inštaliran takoj v serijo z izvori, v splošnem na nivoju glavnega nizkonapetostnega stikališča.

## Lokalna (ali individualna) korekcija

Aktivni filter harmonikov je inštaliran direktno pred bremenom, ki ga želimo korigirati.

## Delna (ali semicentralna) korekcija

Aktivni filter harmonikov je inštaliran na nivoju glavnega ali sekundarnega stikališča in korigira celo skupino bremen.



Slika 2.14 : Tri možna mesta inštaliranja SineWave™, odvisno od zahtev uporabnika.

### Primerjava možnosti inštalacije

Tip korekcije	prednosti	pomanjkljivosti	uporabe
<b>Totalna korekcija</b> (nivo glavnega stikališča)	Ekonomičnost. Razbremenjuje generatorje (transformerje, generatorje)	Harmoniki ostajajo v delu inštalacije od izvorov navzdol. Kabli morajo biti predimenzionirani.	Skladnost z zahtevami elektrodistribucij. Preprečeno je širjenje harmonikov po uporabnikovi inštalaciji navzgor.
<b>Delna korekcija</b> (nivo sekundarnega stikališča)	Izognemo se predimenzioniranju kablov med glavnim in sekundarnimi stikališči. Rekombinacija določenih harmonikov omogoča zmanjšanje nazivnih lastnosti korektorja.	Harmoniki ostajajo med sekundarnim stikališčem in nelinearnim bremenom. Izhodni kabel mora biti predimenzioniran.	Veliki postroji oziroma stavbe. Korekcija je praviloma locirana v vsakem nadstropju posebej ali za več nadstropij skupaj. Nelinearna bremena se nahajajo v več tokokrogih.
<b>Lokalna korekcija</b> (nivo bremena)	Eliminira harmonike tam, kjer nastajajo. Zmanjšuje izgube v vseh kablh vse do izvora.	Draga izvedba v postrojih, kjer je potrebno večje število korektorjev.	Za inštalacije, kjer je nelinearnih bremen malo in so velikih moči v primerjavi z ostalimi bremenimi. Primer: veliki regulirani pogoni, močni UPS.

# Posledice inštalacije SineWave™

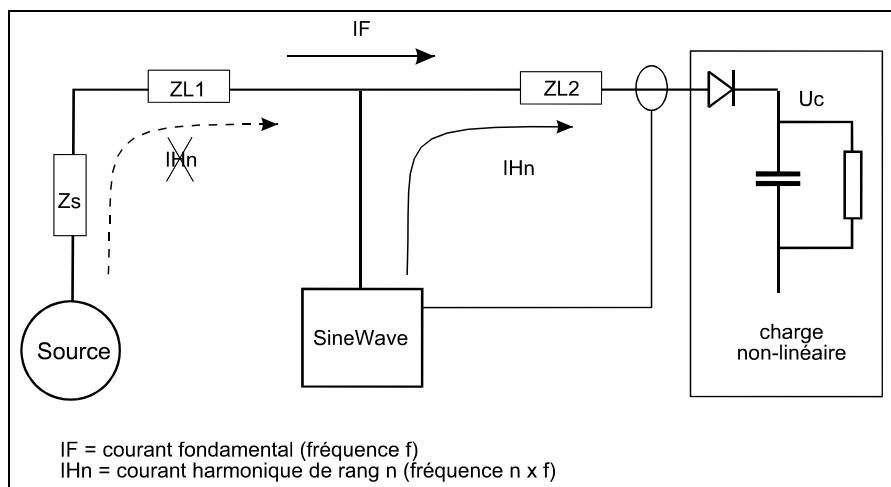
## Eliminiranje korigiranih harmonskih tokov

V inštalaciji pred SineWave™ je impedanca korigiranih harmonikov vseh redov enaka nič.

Slika 2.15 kaže SineWave™ med dvema sektorjema linije ZL1 in ZL2, iz katere se napaja standardno RCD breme, ki je lahko enofazno ali trifazno (stikalni napajalnik ali reguliran pogon).

Harmonski tokovi  $I_{hn}$ , ki so prej tekli preko impedanc  $Z_s$  in ZL1, v smeri proti izvoru, gledano od točke inštaliranja SineWave™, so eliminirani.

Iz izvora teče zdaj izključno samo tok osnovna frekvence IF. Zdaj je SineWave™ tisti, ki bremenu daje harmonske tokove na način, da stalno meri harmonike, ki jih breme potrebuje.



**Slika 2.15.** SineWave™ eliminira harmonske tokove v smeri proti izvoru od mesta inštalacije.

## Zmanjšanje THDU na mestu inštalacije

V liniji pred SineWave™ so harmonski tokovi elimirani (vsi ali samo nekateri do 25. harmonika).

Skupno harmonsko popačenje pred mestom inštalacije se izračuna kot (glej poglavje 5, stran 41):

$$THDU\% = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{Hn}^2}}{U_{H1}}$$

kjer je  $U_{Hn}$  padec napetosti, ki odgovarja harmoniku  $I_{hn}$ .

Ker so  $U_{Hn}$  in  $I_{hn}$  sinusne komponente frekvence  $n f$  (kjer je  $f$  frekvenca osnovnega vala), zanje velja Ohmov zakon, če upoštevamo vrednosti pripadajočih impedanc ( $Z_s$  in  $Z_{L1}$ ) s kotno frekvenco  $n\omega$ :

Tako je:

$$U_{Hn} = (Z_s(n\omega) + Z_{L1}(n\omega)) I_{Hn}$$

Za vse korigirane harmonike je  $I_{Hn} = 0$  in  $U_{Hn} = 0$ .

Rezultat je veliko zmanjšanje THDU, seveda ob predhodni izbiri najpomembnejših harmonikov. Ob upoštevanju, da so nad redom 25 vsi posamični harmoniki zanemarljivi, je THDU praktično enak nič in popačenje je popolnoma eliminirano.

Ta metoda selektivne ali popolne eliminacije harmonikov in THDU je osnovni princip koncepta THM (Total Harmonic Management), ki ga uporablja MGE UPS SYSTEMS.

## Praktično rečeno

- totalna korekcija ne predstavlja nobenih problemov za izračun.
- pri delni korekciji je potrebno nekaj pozornosti.
- pri vseh nekompenziranih RCD bremenih (močni regulirani pogoni brez dušilk pri uporabah s spremenljivim vrtilnim momentom), lokalna korekcija lahko garantira samo THDU, ki ne prekorači določenih mej, s katerimi zagotavlja pravilno delovanje bremena.

## Zaključek

- Za natančne izračune korekcije je potrebno:
- natančno in detajlno poznavanje inštalacije (izvorov, linij in metode inštalacije);
  - natančno poznavanje bremen (krivulj harmonikov in premikov, odvisnih od impedance izvora);
  - specialna orodja za izračune;
  - analize in simulacije.

## Nove inštalacije

Standardna pravila, ki veljajo za električne inštalacije, ostajajo v veljavi, toda evalvacija popačenja napetosti (THDU) je potrebna, kjer so harmonski tokovi prisotni. Ta evalvacija je zelo komplicirana in zahteva za izračun poseben software. Potrebno je tudi detajlno poznavanje nelinearnih bremen, posebej kar zadeva distribucijo harmonikov kot funkcijo impedance v smeri proti izvoru. Model izračuna, ki spremlja to navodilo, predstavlja zelo delen odgovor na ta problem, ker so predstavljena bremena s fiksno porazdelitvijo harmonikov.

## Obstoječe inštalacije

Za obstoječe inštalacije je natančna evalvacija na licu mesta neizogiben pogoj za vsako akcijo korekcije. Matematična relacija med tokovno in napetostno popačitvijo je kompleksna zadeva in je odvisna od različnih elementov inštalacije.

Nadzor harmonskih pojavov zahteva know-how in izkušnjo, poleg tega pa še specialne instrumente in software (analizator spektra, software za izračun popačenja v kabljih itd.). Seveda tudi, če je rešitev specifična za vsako posamično lokacijo, šele pravilne profesionalne tehnike in rigorozne metode zagotavljajo maksimalno verjetnost, da bo inštalacija pravilno delovala.

### Metoda

FIBERNET obvlada celoten proces eliminacije harmonikov in predlaga pristop v treh stopnjah:

1. **Ogled na licu mesta;**
2. **Določitev najprimernejše rešitve;**
3. **Inštalacija sistema in preverjanje.**

### 1. Ogled na licu mesta

#### Načrt inštalacije

Preden začnemo z vrsto meritev, predlagamo, da naredite shemo ali vsaj poenostavljeno shemo inštalacije, iz katere je razvidno:

##### ■ tipi opreme

- generatorji: tipi, nazivne moči, napetost,  $U_{sc}$ ,  $X''_d$  (sklop motor-generator);
- izolacijski transformatorji: napetost, nazivna moč, tipi,  $U_{sc}$ , vezava;
- distribucija: tipi kablov, dolžina, presek, metoda inštalacije;
- bremena: nazivne moči, tipi;
- vrste sistema ozemljitve v različnih točkah inštalacije;

##### ■ načini delovanja

- v omrežju elektrodistribucije;
- pri sklopih motor-generator (stanje pripravljenosti ali kogeneracija);
- pri UPS.

##### ■ načini delovanja pri redukcijah

- brez redundance;
- v prisotnosti sklopa motor-generator. Ta načrt mora omogočati lokacijo različnih merilnih mest in identifikacijo kritične faze delovanja (za evalvacijo s pomočjo simulacije ali s pomočjo izračuna).

##### Meritve

Kot nadaljevanje tega neizogibnega koraka lahko začnemo s fazo meritev. Boljše je začeti pri izvoru in nadaljevati v smeri proti bremenom, ki povzročajo harmonike, ker s tem omejimo število meritev. Kvaliteta meritev je pomembnejša od njihovega števila in tudi naslednji korak je lažji.

##### Predhodni študij inštalacije

Ta prvi korak se konča s predhodnim študijem celotne inštalacije:

- mesta inštalacije korektorjev;
- pogoji inštalacije za zaščitna močnostna stikala;
- inštalacija senzorjev (pod napetostjo ali ne);
- možnost izpada bremena;
- razpoložljiv prostor;
- odvajanje izgub (ventilacija, klimatizacija itd.);
- omejitve glede na okolje (hrup, elektromagnetne motnje itd.).

## 2. Določanje najugodnejše rešitve

Zgornji elementi se uporabljajo za določanje najugodnejše rešitve s pomočjo:

- analize merilnih rezultatov;
- simulacije različnih rešitev obravnavanega problema;
- evaluacije najugodnejše rešitve;
- izdelave osnutka sumarnega poročila skupaj s predloženimi rešitvami.

## 3. Inštalacija sistema in preverjanja

Ta zadnji korak vključuje:

- izvedbo izbrane rešitve;
- preverjanje načrtovanih nivojev veličin glede na garantirane rezultate;
- izdelava osnutka poročila za začetek delovanja sistema.