Elektros tinklo aukštesnio dažnio harmonikos

2020-04-15

Medžiagą ruošė
UAB Energy Advice
Mantas Kaminickas

Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Pristatymo planas

- **Kas yra harmonikos?**
- **Kokias problemas sukelia harmonikos?**
- **Kada laikas imtis priemonių harmonikų mažinimui?**
- **Dažniausiai pasitaikančios klaidos eksploatuojant elektros tinklus su aukštu harmonikų lygiu;**
- **Harmonikų rezonansas elektros tinkle.**
- **Harmonikų filtrų tipai ir taikymas harmonikoms mažinti.**
- **Rekomenduojama harmonikų analizės metodika.**

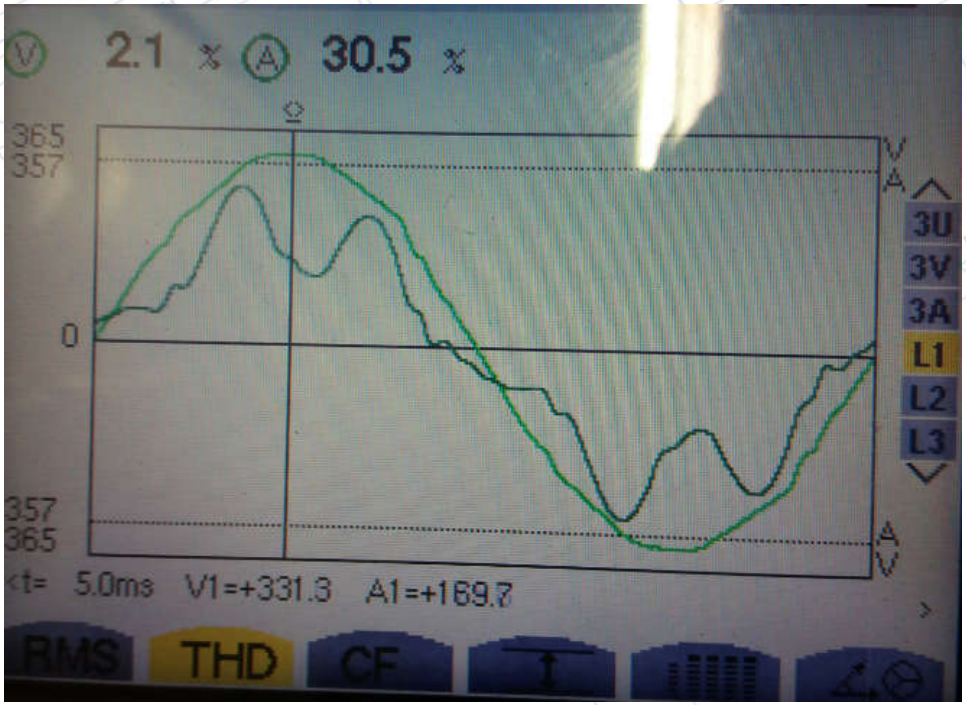
Mokymai parengti pagal IEEE 519 „IEEE Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems“

Europoje: IEC 61000-3-6 Harmonic emission limits for customer connected to MV, HV, EHV.

Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Kas yra harmonikos?

- **Pagal IEEE519: Tai netiesinių apkrovų sukurtos aukštesnio, negu tinklo dažnis srovės, iškreipiančios kintamos srovės sinusinę formą.**



Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Kas yra harmonikos?

- **Harmonikų eilės ir dažnio priklausomybė:**

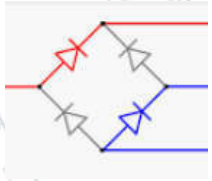
  3 harmonika = 3 * 50 Hz = 150 Hz, 5 harmonika = 5 * 50 Hz = 250 Hz.

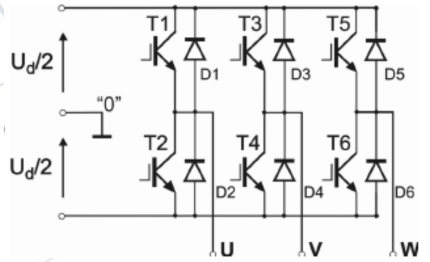
- **Harmonikų skirtumai:**
  - **2 – ra harmonika ir jos kartotinės (4, 6 ...) elektros tinkle kompensuoja viena kitą;**
  - **3 – čia harmonika ir jos kartotinės (9 ...) teka elektros tinklo neutralėje ir kompensuoja viena kitą d/Yn transformatoriuje,**
  - **5, 7, 11, 13 ir t.t yra pagrindinės elektros tinklo harmonikos, kurias sukuria netiesinės apkrovos, šios harmonikos elektros tinkle sumuojasi ir taip pat patenka į skirstomąjį ir perdavimo tinklus.**

- **Harmonikų eilės skaičiavimas:**

  $$h = k*q \pm 1$$

  k – sveikas skaičius 1, 2 ...;
  q – keitiklio polių (puslaidininkinių elementų) skaičius (4, 6, 12 ...)





Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Kas yra harmonikos?

- **Harmonikas nusakantys rodikliai:**

$$THD = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \cdots}}{I_1}$$

$$K = \sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2 h^2$$

Naudojamas sauso transformatoriaus parinkimui, kadangi harmonikų nuostoliai transformatoriuje skaičiuojami:

$$P_{loss} = P_{50hz} K$$

Reikia atkreipti dėmesį:

$$K_{vardinis} > K_{tinklo}$$

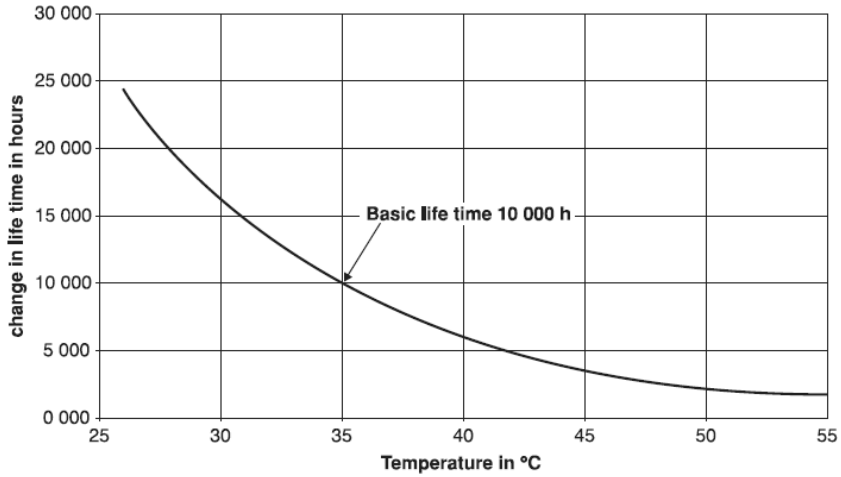
Europoje alyviniams transformatoriams pagal BS 7821 naudojama formulė:

$$K = \sum_{h=1}^{h=h_{max}} I_h^2 h^2 \left[1 + \frac{e}{1+e}\left(\frac{I_1}{I}\right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} \left(n^q \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2\right)\right]^{0.5}$$

Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Kokias problemas sukelia harmonikos?

- Įrangos (ypač kondensatorių ir transformatorių) temperatūrinė perkrova;
- Neutralės perkrova (tinkluose su trečiomis harmonikomis);
- Aktyviosios galios nuostoliai (filtrų pardavėjai reklamuojama galimus 2% - 5% sutaupymus);
- Klaidingi relinės apsaugos įrenginių suveikimai;
- Generatorių ir variklių rotorių švytavimas;



Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Kada laikas imtis priemonių harmonikų mažinimui?

- **Srovės ar įtampos harmonikų THD viršija leistinas ribas.**
- **Harmonikos išauga įjungus kondensatorių baterijas.**
- **Transformatorių apkrovimas pasiekia >80%.**
- **Dažnai keičiamos kondensatorių baterijos.**

Current distortion Limits for General Distribution Systems (120V through 69,000V)						
Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of Iload						
Isc/Iload	<11	11<=h<17	17<=h<23	23<=h<35	35<=h	TDD (%)
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above						
Isc=maximum short circuit current at PCC						
Iload=maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC						

Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

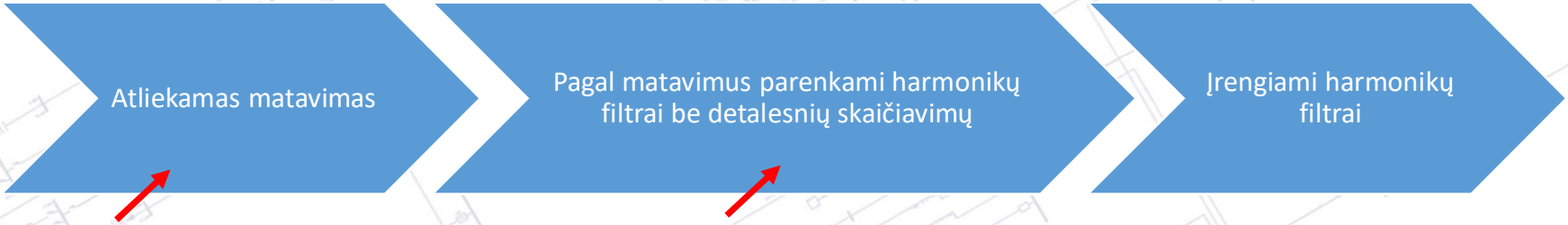
Dažniausiai pasitaikančios klaidos

- **Neįvertinamos trečiosios harmonikos ir tinklo asimetrija;**
- **Neatsižvelgiant į aukštą harmonikų lygį neįrengiami harmonikų filtrai arba įrengiami netinkami harmonikų filtrai;**
- **Parenkamos per „silpnos“ kondensatorių baterijos;**
- **Nenumatomos šiluminės apsaugos kondensatorių baterijoms;**
- **„Mažos“ bėdos sprendžiamos pasitelkiant brangiausius sprendimus (aktyvius harmonikų filtrus);**
- **Parenkant rezervinius generatorius neatsižvelgiama į harmonikų lygį;**

Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

Rekomenduojama harmonikų analizės metodika

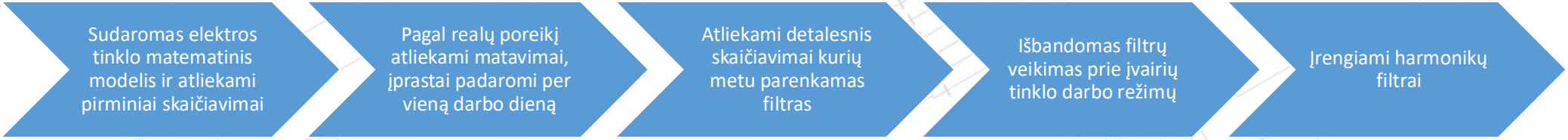
Įprasta pramonėje:



- Ar įmanoma pamatuoti tinklą galimu blogiausiu darbo režimu?
- Ar logiška matavimus atlikinėti metus laiko?
- Kaip įvertinti kitų tinkle prijungtų vartotojų įtaką?

- Kaip įvertinti ar pakanka pasyvių harmonikų filtrų?
- Kaip įrenginys veiks prie kitokių, negu išmatuotos sąlygų?

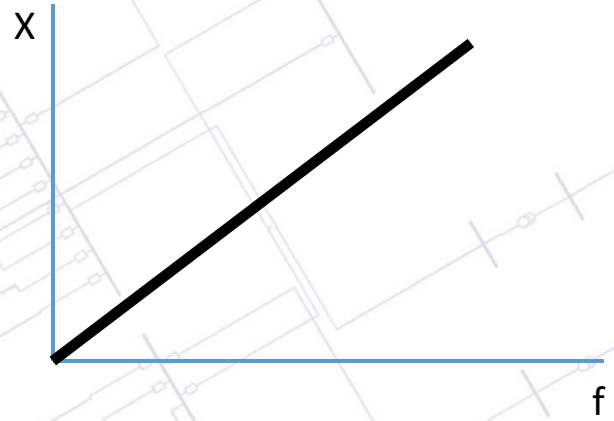
Rekomenduojama pagal IEEE 519 (12 skyrius):

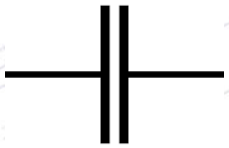


Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

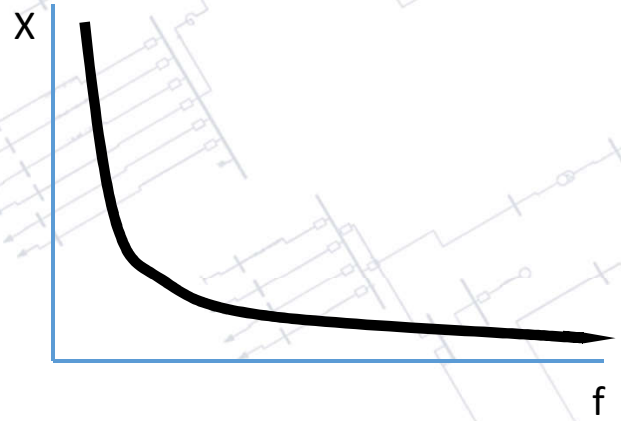
Elektros tinklo elementų reakcija į harmonikas

$$X_L = 2\pi f L$$





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



Medžiagą ruošė: Mantas Kaminickas, UAB Energy Advice

UAB Energy Advice
K. Baršausko str. 59, LT-51423 Kaunas
Lithuania

Phone: +37063516380
E-mail: info@energyadvice.lt
Skype: energy.advice

Energy ADVICE