

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Laurynas Stalnionis

INFORMACINIŲ ĮRENGINIŲ MAITINIMO PROJEKTAVIMO
PRAKTIKOS TYRIMAS
Magistro darbas

Vadovas
doc. L. Buivis

ŠIAULIAI, 2006

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

_____ doc. T. Šimkevičius

2006 m.

mėn.

d.

INFORMACINIŲ ĮRENGINIŲ MAITINIMO PROJEKTAVIMO
PRAKTIKOS TYRIMAS
Magistro darbas

Vadovas

_____ doc. L. Buivis

2006 m.

mėn.

d.

Atliko

EM - 4 gr. magistrantas

_____ L.

Recenzentas

_____ doc. T. Šimkevičius

Stalnionis

2006 m.

mėn.

d.

d.

2006 m.

mėn.

ŠIAULIAI, 2006

Santrauka

Informaciniai įrenginiai – sudėtingos sistemos, kurių darbo patikimumas priklauso nuo daugelio vidinių ir išorinių veiksnių. Vienas svarbiausių išorinių veiksnių – tiekiamos elektros energijos kokybė.

Šiame darbe nagrinėjama, kaip priklauso informacinių įrenginių darbo patikimumas nuo tiekiamos elektros energijos kokybės, pačių įrenginių poveikis maitinančiam tinklui. Apžvelgiami elektros kokybės standartai, įvertinti įtampos nuokrypiai ir jų poveikis informaciniams įrenginiams. Aprašomos patikimumo didinimo priemonės, jų struktūra ir veikimo principas, nurodomi jų privalumai ir trūkumai.

Didelę įtaką patikimumam darbui turi įžeminimo sistema. Neteisingai įdiegus šią sistemą galimi sistemos sutrikimai arba net pavojus žmogaus gyvybei.

Šiame darbe vertinamas informacinių įrenginių poveikis maitinančiam tinklui, pateiktas apkrovų skaičiavimo pavyzdys.

Summary

Informational equipment are difficult systems which performance reliability depends on a number of internal and external factors. One of the most important external factors is the quality of supplied electricity.

Dependence of performance reliability of informational equipment upon the quality of supplied electricity, the impact of equipment themselves on the feeding system/net are discussed in this work. The standards of quality of electricity are overviewed, the deviations of voltage and their influence over informational equipment are evaluated. Means of increase of reliability, their structure and course of performance are described, their advantages and weaknesses are specified.

Electrical ground system has major influence over reliable performance. In case of incorrect installation of the system it is possible to cause system foul-ups or even put a human life at risk. The influence of informational equipment over feeding net/system is evaluated in this work, the example of calculation of workload is presented.

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Įtampos trikdžių laiko skalė [7]	14
1.2 pav. CBEMA kreivė	15
1.3 pav. Struktūrinė maitinimo bloko schema	16
1.4 pav. Maitinimo bloko išėjimo įtampos kitimas, kintant įėjimo įtampai [7]	17
1.5 pav. 120V/60Hz ITIC kreivė	19
1.6 pav. Kondensatoriaus perjungimo metu atsiradęs viršįtampių [7]	21
1.7 pav. 230V/50Hz ITIC kreivė	22
2.1 pav. Rezervinio NSŠ struktūrinė schema	25
2.2 pav. Sąveikaujancio su linija NSŠ struktūrinė schema	25
2.3 pav. Rezervinio NSŠ su išotintu transformatoriumi struktūrinė schema	26
2.4 pav. Dvigubos konversijos NSŠ struktūrinė schema	27
2.5 pav. Delta konversijos NSŠ struktūrinė schema	28
3.2 pav. Tipinės kompiuterio maitinimo bloko įėjimo įtampos ir srovės kreivės	31
3.4 pav. Sutartinė srovės kreivės forma	32
3.7 pav. Eksperimentinis modelis	33
3.8 pav. Kompiuterio maitinimo bloko įėjimo srovės kreivės forma	34
3.9 pav. srovės harmonikos	35
3.5 pav. Simetrinis netiesinis trifazis imtuvas	37
3.6 pav. Srovės faziniuose ir nuliniame laidininke [5]	38
4.1 pav. LC filtras	39
4.2 pav. Informacinio įrenginio galimo pažeidimo scenarijus [8]	40
5.1 pav. Skaičiuojamoji grandinės schema	42
5.2 pav. skaičiavimais nustatytos kreivės.	46

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė LST EN 50160 standarto aprašomos tiekiamos įtampos charakteristikų reikšmės.	12
1.2 lentelė IEEE 1159 standarto terminologija ir „įvykių klasifikacija“ pagal jų trukmę	13
1.3 lentelė Nuokrypių gyviai	13
2.1 lentelė Pagrindinių NSS techninių rodiklių palyginimas	29
3.1 lentelė Įėjimo srovės harmonikos	35
4.1 lentelė Dažniausiai pasitaikančios Informacinės sistemos maitinimo diegimo klaidos	41
5.1 lentelė Srovės harmonikos	45
5.2 lentelė Įtampos harmonikos	45

Turinys

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	5
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	6
ĮVADAS.....	8
1. ĮTAMPOS KOKYBĘ APIBŪDINANČIŲ CHARAKTERISTIKŲ APŽVALGA	9
1.2 KOMPIUTERINĖS TECHNIKOS REIKALAVIMAI MAITINIMO TINKLO ENERGIJOS KOKYBEI.	13
1.3 CBEMA KREIVĖS ISTORIJA	18
1.4 ĮRANGOS TESTAVIMAS PAGAL NAUJAS CBEMA KREIVĖS RIBAS	20
2. ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMO PATIKIMUMO DIDINIMO PRIEMONĖS	24
2.1 REZERVINIS NSŠ (STANDBY UPS).....	24
2.2 DALINAI INTEGRUOTAS Į LINIJĄ NSŠ (LINE-INTERACTIVE UPS)	25
2.3 REZERVINIS NSŠ SU ĮSOTINTU TRANSFORMATORIUMI (THE STANDBY-FERRO UPS)	26
2.4 DVIGUBOS KONVERSIJOS NUOLAT ĮJUNGTI NSŠ (THE DOUBLE CONVERSION ON-LINE UPS).....	27
2.5 DELTA KONVERSIJOS NSŠ (THE DELTA CONVERSION ON-LINE UPS)	27
3. MAITINIMO BLOKŲ SAVYBĖS	30
3.1 KOMPIUTERIŲ ĮĖJIMO SROVĖS KREIVĖS FORMA IR PAGRINDINIAI JOS PARAMETRAI.	31
3.2 SROVĖ NULINIAME LAIDININKE	37
4. ĮŽEMINIMO SISTEMOS ĮTAKA STABILIAM KOMPIUTERIO DARBUI	39
5. APKROVŲ SKAIČIAVIMO YPATUMAI	42
5.1 APKROVŲ SKAIČIAVIMŲ PAVYZDYS	44
6. IŠVADOS.....	47
7. LITERATŪRA	48

Ivadas

Pastaruoju metu vis plačiau kompiuterinė technika skverbiasi į mūsų kasdieninį gyvenimą. Kasdien už pirkinius atsiskaitome banko kortelėmis, daugumai vadybininkų ir inžinierių kompiuteriai ar kompiuterinės technologijos yra pagrindinis darbo įrankis. Dažnas mūsų neįsivaizduoja savo kasdieninio gyvenimo be mobilaus ryšio telefonų, mp3 grotuvų ar delninių kompiuterių.

Į elektroninę terpę perkeliant vis daugiau atliekamų funkcijų, informacinių technologijų (IT) sistemoms keliami vis didesni patikimumo reikalavimai.

Sistemų patikimumas suvokiamas kaip įrangos gebėjimas veikti nustatytais sąlygomis tam tikrą nustatytą laiką ir atlikti jai numatytas funkcijas.

Informaciniai įrenginiai – sudėtingos sistemos, kurių darbo patikimumas priklauso nuo daugelio vidinių ir išorinių veiksnių. Pagrindiniai vidiniai veiksniai – techninės ir programinės įrangos kokybė.

Pagrindiniai išoriniai veiksniai – sistemų sąryšis su kitomis sistemomis, eksploataavimo sąlygos, aplinkos poveikis, kitų sistemų poveikis ir kt.

Ne paskutinę vietą šių faktorių sąrašė užima informacinių sistemų įrenginiams tiekiamos elektros energijos kokybė.

Kyla klausimas, kokių techninių priemonių reikia imtis tam, kad būtų užtikrintas nenutrūkstantis elektros energijos tiekimas. Dažnai einama paprasčiausiu keliu – kaip vienintelė priemonė naudojami nepertraukiamos srovės šaltiniai, tačiau tai kartais ne tik neduoda laukiamų rezultatų, tačiau atvirkščiai tik pablogina situaciją.

Be to informacinių sistemų specialistai kitaip supranta įžeminimo sistemos prasmę, klaidingai pasirenka įžeminimo sistemos struktūrą – naudoja „grynąjį įžeminimą“, taip ne tik pablogindami įrangos eksploataavimo sąlygas, bet ir sukeldami pavojų žmogaus gyvybei.

Informaciniai įrenginiai, vertinant uos kaip elektros apkrovas labai skiriasi nuo kitų apkrovų, todėl projektuojant pastatų elektros tinklus ir parenkant galios transformatorius ir nežinant šių apkrovų specifikos, dažnai padaromos klaidos, kurios gali išryškėti tik po kelerių metų eksploataavimo.

1. Įtampos kokybę apibūdinančių charakteristikų apžvalga

Norint gerai suprasti elektros kokybės prasmę, reikia žinoti naudojamą terminologiją ir standartus. Skirtingi specialistai skirtingai apibūdina elektros kokybės prasmę. Dirbantys elektros energijos perdavimo/paskirstymo srityje, kokybę apibūdina kaip tiekimo patikimumą tam tikru laikotarpiu, o dirbantys elektros įrangos projektavime ar gamyboje kokybę sieja su kai kuriomis įtampos charakteristikomis. Taigi akivaizdu, kad egzistuoja keletas požiūrių.

Viena iš galimybių elektros kokybę vertinti atsižvelgiant į LST EN 61000 standartų grupę, t.y. pagal EMS (elektromagnetinį suderinamumą). Elektromagnetinis suderinamumas yra įrangos gebėjimas normaliai veikti elektromagnetinėje aplinkoje neskleidžiant trikdžių į tą pačią aplinką. Kitaip sakant bet kokia įranga tinkle neturi trikdyti, gadinti kitą įrangą ir atvirkščiai. Tokio požiūrio trūkumas yra tai, kad čia vertinamas spinduliavimas, į kurį nagrinėjant elektros kokybę paprastai neatsižvelgiama. Tuo pačiu šis požiūris nenusako kaip kokybė turi būti išmatuota.

Kitas elektros kokybės apibūdinimas galėtų būti toks, kad kokybė yra apibūdinimas, kuris nusako tarpusavyje elektriškai susietų įrenginių, sistemų poveikį, šio poveikio dydis gali būti randamas išmatavus įtampą ir srovę. Pagal šį požiūrį terminas „elektros kokybė“ būtų: bet koks iškreipimas iššaukiamas įtampos, srovės, arba dažnio svyravimų, kas sukelia vartotojų įrangos gedimus, sutrikimus. Šis apibūdinimas yra pakankamai neblogas, nes remiamasi įtampa, srove ir dažniu. Iš šių dydžių gali būti suskaičiuoti daugumą kokybinių parametrų. Nes greičiausiai vienodo ir visiems prieinamo kokybės apibrėžimo nėra.

Lietuvoje elektros kokybę aprašo įtampos charakteristikų standartas “Skirstomųjų elektros tinklų įtampos charakteristikos LST EN 50160“

Remiantis šiuo standartu elektros kokybės parametrai gali būti suskirstyti į svyravimus ir įvykius. Svyravimai tai lėti parametrų kitimai, o įvykiai tai greiti įtampos ar srovės kreivių pokyčiai.

Pagrindiniai svyravimai ir įvykiai:

Svyravimai:

- Dažnis;
- Įtampos dydis;
- Nesimetrija;
- Įtampos harmonikos ir iškreipimai;
- Mirgėjimas.

Įvykiai:

- Įtampos šuoliai;
- Įtampos kryčiai;
- Įtampos trūkiai.

Dažnis

Tiekiamosios įtampos dažnis – tiekiamosios įtampos pagrindinės harmonikos pasikartojimo per tam tikrą laiką sparta.

Įtampa

Kalbant apie elektros kokybę įtampa yra pats svarbiausias parametras. Įtampos nukrypimai yra lėti svyravimai arba įvykiai. Lėtiems svyravimams apibūdinti galima būti vartojami tokie skaičiavimai kaip: vidutinė kvadratinė vertė laiko arba dažnio atžvilgiu. Įvykiams tokie skaičiavimai netinkami, čia reikia fiksuoti labai greitai vykstančius procesus.

Įtampos gali būti:

- Vardinė sistemos įtampa (U_n) – įtampa, kuriai tinklas sukonstruotas ir kuriai nurodomos kai kurios darbo charakteristikos.
- Sutartinė [garantuojamoji] tiekiamoji įtampa (U_c) – sutartinė tiekiamoji įtampa U_c , paprastai sutampanti su tinklo vardine įtampa U_n . Jeigu pagal susitarimą tarp tiekėjo ir vartotojo tiekimo taško įtampa nėra vardinė, tai ši įtampa yra sutartinė tiekiamoji įtampa U_c .
- Tiekiamoji įtampa – vidutinė kvadratinė tiekimo taško įtampos vertė nustatytu laiku, matuojant per tam tikrą laikotarpį.

Įtampos kitimas – įtampos padidėjimas arba sumažėjimas, kurį paprastai sukelia visos ar dalies apkrovų pokytis skirstymo sistemoje.

Įtampos svyravimas – įtampos pokyčių seka arba periodiškasis įtampos gaubtinės kitimas.

Staigusis įtampos pokytis – vienkartinis staigus įtampos vidutinės kvadratinės vertės pokytis tarp dviejų nustatytų lygių, kurių trukmė neregamentuota.

Mirgėjimas – vizualus svyravimo išpūdis, sukeltas šviesos šaltinio, kurio šviesumas arba spektrinė sudėtis kinta laike. Didelės apkrovos kaip lankinės krosnys, siurbliai, ir kt. sukelia įtampos svyravimus. Priklausomai nuo jų dažnio ir dydžio jie gali būti pastebimi šviečiant lempai. Žmogus geriausiai išskiria mirgėjimą kurio dažnis artimas 9 kHz.

Mirgėjimo aštrumas – dirginančio mirgėjimo poveikio intensyvumas, apibūdinamas Tarptautinės elektrotechnikos sąjungos ir Tarptautinės elektrotechnikos komisijos (UIE - IEC) mirgėjimo matavimo metodu bei įvertinamas šiais dydžiais:

- Trumpalaikis aštrumas (P_{st}), matuojamas dešimt minučių;
- Ilgalaikis aštrumas (P_{lt}), apskaičiuojant 12 P_{st} , verčių dvi valandos.

Staigusis tiekiamosios įtampos kryptis – staigus trumpalaikis įtampos sumažėjimas nuo 90 % iki 1 % sutartinės įtampos U_c . Paprastai staigusis teikiamosios įtampos kryptis trunka nuo 10 ns iki 1 min. Šis įtampos kryptis apibūdinamas kaip skirtumas tarp mažiausios krypties vidutinės kvadratinės įtampos vertės ir sutartinės įtampos, įtampos pokyčiai, kai tiekiamą įtampa nesumažėja mažiau kaip 90 % sutartinės įtampos U_c vertės, nelaikomi staigiais kryptimis.

Elektros tiekimo pertrūkiai – sąlygos, kai tiekiamoji įtampa mažesnė kaip 1 % sutartinės įtampos U_c vertės. Elektros tiekimo pertrūkiai skirstomi į kelias grupes:

- Planinius, kai vartotojai išpėjami iš anksto atliekant planinius darbus skirstomajame tinkle;
- Atsitiktinius, atsiradusius dėl pastovių ar laikinų gedimų, paprastai priklausančių nuo išorinių veiksnių, įrenginių gedimų arba jų sąveikos.

Atsitiktiniai pertrūkiai skirstomi į:

- Ilgalaikius pertrūkius (daugiau kaip 3 min.), sukeltus pastovių gedimų;
- trumpalaikius pertrūkius (iki 3 min.), sukeltus pereinamųjų gedimų.

Laikinis pramoninio dažnio viršįtampis – santykinai ilgos trukmės viršįtampis tam tikroje vietoje.

Pereinamasis viršįtampis – trumpalaikis svyruojantysis arba nesvyruojantysis viršįtampis, paprastai greitai gęstantis ir trunkantis kelias milisekundes.

Harmoninė įtampa – sinusinė įtampa, kurios dažnis lygus pagrindinio įtampos dažnio ir sveikojo skaičiaus sandaugai.

LST EN 50160 standarto aprašomos tiekiamos įtampos charakteristikų reikšmės.

Įtampos charakteristikos	Periodiškumas	Trukmė	Leistinosios vertės
Tiekiamos įtampos vertė	-	-	230 V \pm 10%
Tiekiamosios įtampos kitimas	Kiekvienos savaitės 95% laiko, kiekviename 10 min. laikotarpyje		\pm 10%
	Likęs laikas		\pm 10%
Staigieji įtampos pokyčiai	Neprognuojama	-	5% U_n normaliomis sąlygomis; 10% kai kuriais atvejais
Staigieji įtampos kryčiai	N*10 - 1000 per metus	Daugumos trukmė <1s ir	60% U_n . Jungiant apkrovas galimi 10-15% kryčiai
Trumpalaikiai tiekiamosios įtampos pertrūkiai	N*10 - n*100 per metus	1s....3min. 70proc - <1s	1s...3min
Ilgalaikiai pertrūkiai	Neprognuojama	>3min.	Normaliomis sąlygomis. iki 50k per metus
Laikinieji pramoninio dažnio viršįtampiai tarp laidininko ir žemės	Neprognuojama	Kol teka gedimo srovė.	Iki 1,5 kV
Pereinamieji viršįtampiai tarp laidininkų ir žemės	Neprognuojama	Mažiau nei 1 μ s iki kelių ms	6 kV

1.2 Kompiuterinės technikos reikalavimai maitinimo tinklo energijos kokybei.

Didžiajai daliai informacinės įrangos, pavyzdžiui asmeniniai kompiuteriai, faksai, kopijavimo aparatai, tinklo įranga ir t.t. tiekama įtampa gali svyruoti $\pm 10\%$ ribose.

Vis dėlto, praktiškai visų elektros įtaisų maitinimo blokuose numatomi schemotechniniai sprendiniai įvairiems įtampos nuokrypiams šalinti arba mažinti jų poveikį. Šie įtampos nuokrypiai yra nuodugniai išnagrinėti aprašyti elektros kokybės standartuose. Pavyzdžiui IEEE 1159 standartas nusako elektros energijos įvykių tipus ir charakteristikas. 1.1 lentelėje parodyta IEEE 1159 standarto terminologija ir „įvykių klasifikacija“ pagal jų trukmę. Šis standartas aprašo kai kurių įvykių trukmę ciklais. 1.2 lentelėje parodyti nuokrypių gyliai.

1.2 lentelė

IEEE 1159 standarto terminologija ir „įvykių klasifikacija“ pagal jų trukmę

Įvykių tipas	Įvykių klasifikavimas pagal jų trukmę		
	Impulsiniai	Momentiniai	Laikinieji
Trūkis, ms	-	8,33 - 3000	3000 - 60000
Krytis, ms	8.33 - 500	500 - 3000	3000 - 60000
Įtampos šuolis, ms	8.33 - 500	500 - 3000	3000 - 60000

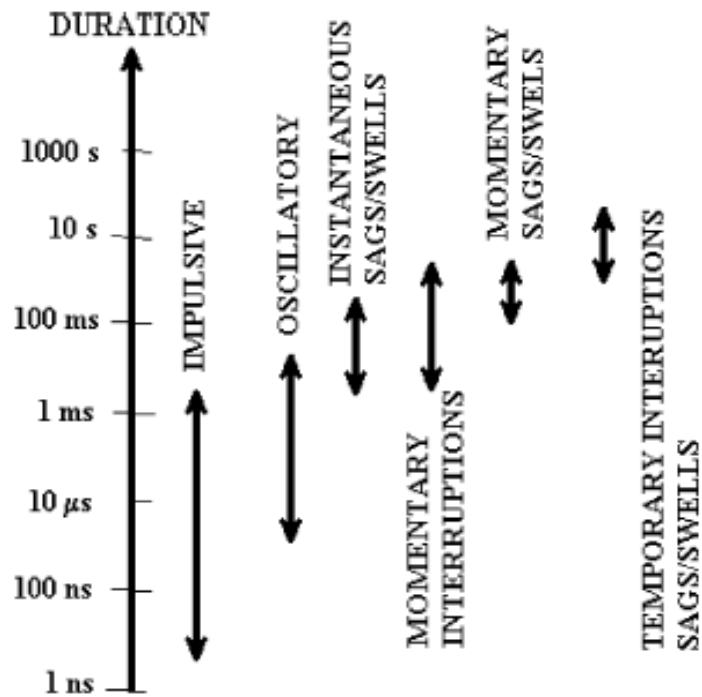
1.3 lentelė

Nuokrypių gyliai

Įvykių tipas	Įvykių klasifikavimas pagal jų trukmę		
	Impulsiniai	Momentiniai	Laikinieji
Trūkis, %	-	<10	<10
Krytis, %	10-90	10-90	10-90
Įtampos šuolis, %	110-180	110-140	110-120

Europinės normos reikalauja, kad įtampos kryčiai būtų vaizduojami funkciniu ryšiu, kaip kryčio gylis nuo jo trukmės. Europoje naudojamos kryčių vertės procentais -[10,30); [30,60) ir [60;100); ir trukmės [10,100ms) [100, 500 ms) ir [500,1000ms), [1,3s), [3,20s), ir [20, 60s).

1.1 paveiksle pavaizduota, pagal IEEE 1159 terminologiją įvairių įtampos trikdžių laiko skalę.



1.1 pav. Įtampos trikdžių laiko skalė [7]

Daugelyje šalių, kaip vieningą kompiuterių maitinimo blokams tiekiamos įtampos kokybės standartą, priimta laikyti CBEMA kreivę.

CBEMA – tai kompiuterių įrangos gamintojų asociacija, 1977 metais nustačiusi kompiuterių jautrumo maitinančios įtampos pokyčiams standartą - CBEMA kreivę, dabar žinomą kaip ITIC kreivę.

CBEMA kreivė - tai maitinimo bloko įėjimo įtampos priklausomybė nuo laiko. Ordinačių ašyje reikšmės pateikiamos nuo įtampos efektinės vertės procentais. Abscisių ašyje laikas pateikiamas logaritminėje skalėje.

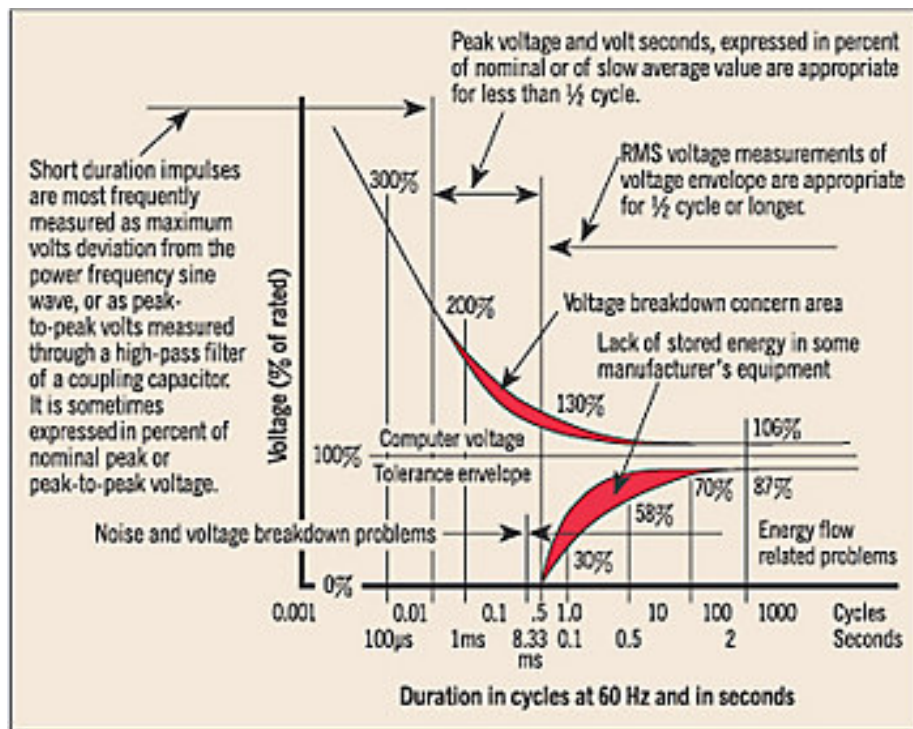
Kreivėje yra trys zonos:

- Normalaus veikimo (vardinė) zona. Jei imtuvui būtų tiekiamas elektros energija kurios savybės neišeitų už šios zonos ribų, imtuvo darbo laikas galėtų būti ribojamas tik senėjimo reiškiniais.
- Draudžiama zona. Imtuvai nėra pritaikyti tokiems įtampos parametrams.
- Nekelianti pavojų zona. Jei imtuvas dirba šios zonos ribose, tai jis turi išsijungti, nes savo apkrovai nesugebės užtikrinti tinkamos kokybės energijos.

Bendru atveju įrangos jautrumo lygis duotam įtampos nuokrypiui gali svyruoti, kadangi skirtingi gamintojai naudoja skirtingus schemotechninius sprendinius ir elektronikos komponentus. Atsižvelgiant į jautrumo pasiskirstymą tam tikrose srityse, CBEMA kreivė buvo papildyta išbrėžiant papildomas zonas apimančias šį pasiskirstymą.

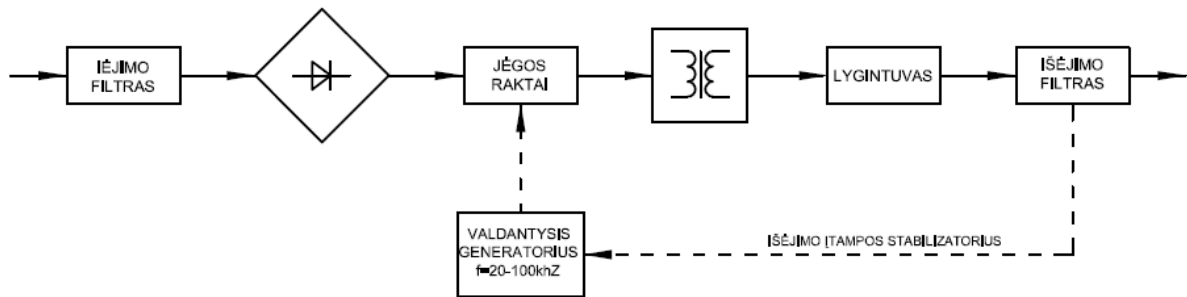
Įdomu tai, kad šią kreivę galima sudaryti kiekvienam elektros įrenginiui. Sudarius šias kreives galima palyginti atskirų elektros prietaisų jautrumą elektros kokybiniams parametrams.

Tokio palyginimo pavyzdys gali būti skirtingų maitinimo blokų gebėjimas dirbti tomis pačiomis sąlygomis ir užtikrinti jų apkrovų normalų darbą. Paveiksle pateikiama CBEMA kreivė su nurodytomis papildomomis jautrumo sritimis.



1.2 pav. CBEMA kreivė

Kompiuterių maitinimo blokai – sudėtingi įtaisai, valdomi mikrovaldiklių ir veikiantys įvairiais režimais. Paveiksle pateikta struktūrinė maitinimo bloko schema.



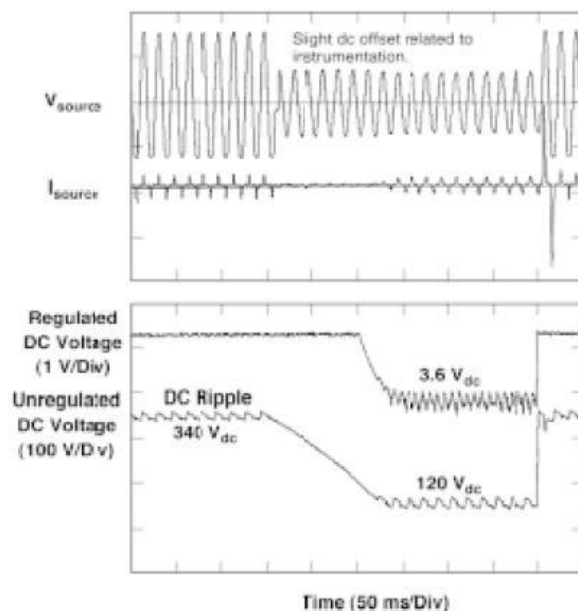
1.3 pav. Struktūrinė maitinimo bloko schema

Pirmame trakte yra tiltelinis lygintuvas su kondensatoriniu filtru pulsacijų sumažinimui. Šiame trakte įtampa yra išlyginama ir paduodama į valdomą generatorių kuris suformuoja reikiamas įtampas apkrovai.

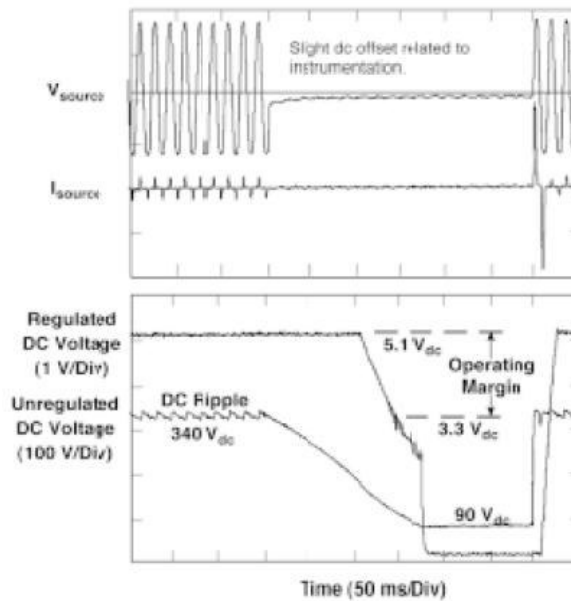
Stebint +5V išėjimo įtampą ir papildomomis priemonėmis kuriant įtampos kryčius, trūkius ar šuolius galima sudaryti CBEMA kreivę. Sudarius šią kreivę, galima numatyti kokių papildomų priemonių reikia imtis, norint užtikrinti patikimą įrangos darbą.

CBEMA kreivė buvo plačiai publikuojama, naudojama ir 1996 metais modifikuota į ITIC.

ITIC kreivė daugiau atspindi šiuolaikinės galios elektronikos jautrumą įtampos nuokrypiams. ITIC kreivėje įtampa yra duodama *amplitudinės* reikšmės procentais duotu laiko momentu.



(a)



(b)

1.4 pav. Maitinimo bloko išėjimo įtampos kitimas, kintant įėjimo įtampai [7]

1.4 a paveiksle pavaizduota kaip pakinta išėjimo įtampa įėjime atsiradus įtampos kryčiui, o 1.4 b paveikslėlyje pavaizduota išėjimo įtampa kai įėjime yra įtampos trūkis. Įėjimo įtampa sumažėja iki nulio o išėjimo per kelis periodus pradeda kristi. Šiuo atveju pirmas taškas bus atidedamas ties 0 V, linija tęsis 5 periodus kur nuolatinė įtampa kris nuo 5 iki 4,75 V. Tada pasirenkamas (ne)suveikimo kriterijus – 5% vardinės nuolatinės įtampos kuri skaitmeninėje technikoje laikoma loginiu vienetu. Panašiai moduluojant kitus įtampos nuokrypius maitinimo bloko įėjime ir matuojant žemą arba aukštą išėjimo lygio slenkstį bei nuėmus pakankamai taškų galima nubrėžti CBEMA kreivę duotam įrenginiui.

CBEMA kreivę galima taikyti ne tik impulsiniams maitinimo šaltiniams, bet ir kitiems elektros įrenginiams pavyzdžiui reguliuojamo greičio varikliams (ne)suveikimo kriterijus būtų variklio rotorius greitis.

1.3 CBEMA kreivės istorija

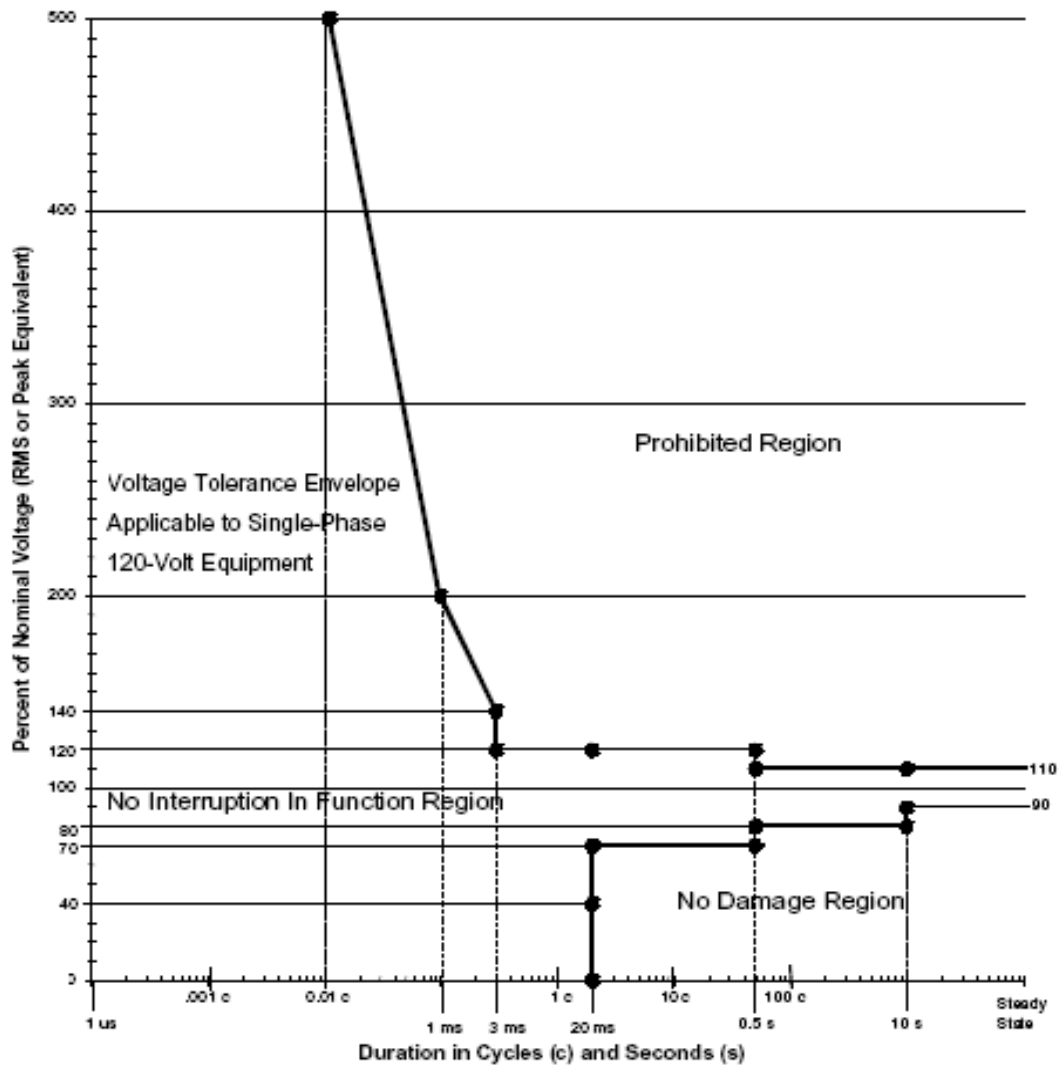
CBEMA kreivė buvo sukurta 1977 metais, kai kompiuterinės ir biznio įrangos gamintojų asociacijos (angl. - Computer and Business Equipment Manufacturers Association - CBEMA) darbo grupės ESC – 3 buvo paprašyta nurodyti skaičiavimo centrų įrangos jautrumą įtampos pokyčiams. Šis ESC – 3 grupės darbas žinomas kaip IEEE 446 – 195 (IEEE orange book). Po neįžymių pataisymų grupės pasiūlymui buvo pritarta ir tokios formos kreivė gyvavo iki 1996 metų. Originali kreivės forma, su kai kuriais papildymais išsilaikė beveik 20 metų.

Kreivė buvo kurta stambiems skaičiavimo centrams (Mainframe computer equipment), tačiau vėliau ji pradėta taikyti praktiškai visiems elektros įtaisams pradedant nuo variklių iki elektros energijos gamybos ir perdavimo įrenginių.

Vystantis elektronikos pramonei, ta pati ESC – 3 grupė bei keletas gamintojų nusprendė patobulinti kreivę, kuri vaizdžiau parodytų moderniosios kompiuterių technikos reikalavimus tiekiamos įtampos parametrams.

Kreivė sudaroma naudojant aštuonis etaloninius kompiuterių maitinimo blokus pateiktus skirtingų gamintojų. Sukaupti maitinimo blokų bandymų duomenys ir kai kurie ESC – 3 grupės metodiniai nurodymai leido sukurti naują kreivę išpildytą laužtėmis. Naujoji CBEMA kreivė pavaizduota 3 paveiksle. Ši kreivė pilnai padengia senosios kreivės zonas. Nors ir pakitus formai ši kreivė vadinama CBEMA kreive su priedu - modifikuota ITIC (angl.- Information Technology Industry Council).

ITI (CBEMA) Curve
(Revised 2000)



1.5 pav. 120V/60Hz ITIC kreivė

1.4 Įrangos testavimas pagal naujas CBEMA kreivės ribas

Kuriant modifikuotą CBEMA kreivę buvo susitarta dėl kai kurių kreivės taškų. Tai leido bet kurią kreivės tašką laikyti kaip atskaitos tašką tikrinant duotą produktą. Prie kreivės buvo pateiktas detalus aprašymas kaip nustatyti charakteringus taškus (bandymų metodika).

Paprastai atliekant bandymus kreivės vardinė zona sudaroma, į maitinimo bloką paduodant vardinę tinklo įtampą. Norint nubrėžti vardinės ir nekeliančios pavojų zonos ribas, imituojami įtampos nuokrypiai. Pavyzdžiui: norint nustatyti ar duotas įrenginys gali atlaikyti 20 ms įtampos trūkį be pažeidimų, atjungiamo įtampa nuo bandomo įrenginio ir jo išėjime oscilografu stebima ar išėjimo įtampa išliks nepakitusi bent 20 ms. Taškas 70% - 0,5 s nurodo, kad bet kuris prietaisas 0,5 s turi veikti kai maitinimo įtampa yra 70% vardinės.

Jei išėjimo įtampa išlieka nepakitusi šis įrenginys atitinka CBEMA kreivę. Verta pažymėti, kad įtampos kryptis gali trukti ilgiau nei 0,5 s, tačiau jei 0,5 s išėjimo įtampa liko nepakitusi šis įrenginys atitinka CBEMA kreivę.

Viršutinėje kreivės dalyje nurodytus bandymus atlikti yra sudėtingiau, kadangi viršįtampių generatorius turi sukurti sąlygas, pavaizduotas kreivėje į kairę nuo 3 ms. Viršįtampių generatoriaus kuriami impulsai aprašyti IEEE C62.41 – 1991 ir IEEE C62.45 – 1992 standartuose. Viršįtampių laikomas impulsas prasidedantis ties 90 el. laipsnių. Jei būtina gali būti parinkta ir kita fazė.

Taške 200% - 1 ms modeliuojamas impulsas, atitinkantis viršįtampį, atsirandantį prijungiant kondensatorių. Šios kreivės amplitudė bus du kartus didesnė nei vardinės įtampos.

Viršįtampio dažnis gali būti užrašomas:

$$f = 1/t$$

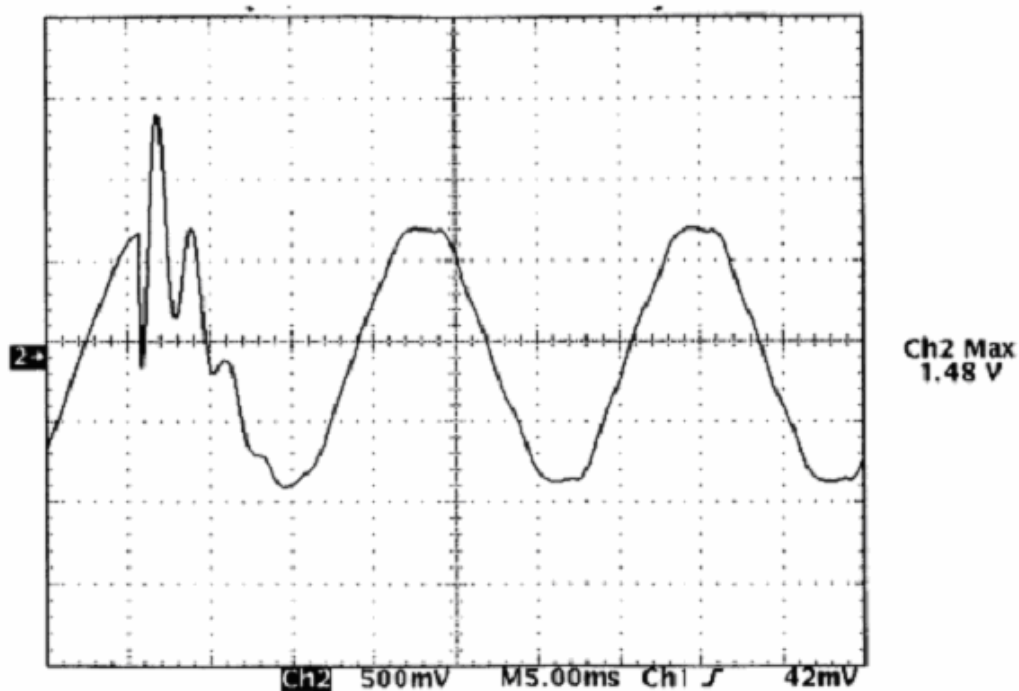
čia t- laikas (s).

Kitaip sakant, generatoriaus sukurtas 1ms trukmės impulsas bus 1 kHz dažnio.

200% - 1 ms trukmės viršįtampis pavaizduotas 1.6 paveiksle.

Panašiai atliktas viršįtampių bandymas taške 140% - 3 ms, rodo, kad įtampa yra 1,4 karto didesnė už vardinę, o dažnis - 330 Hz.

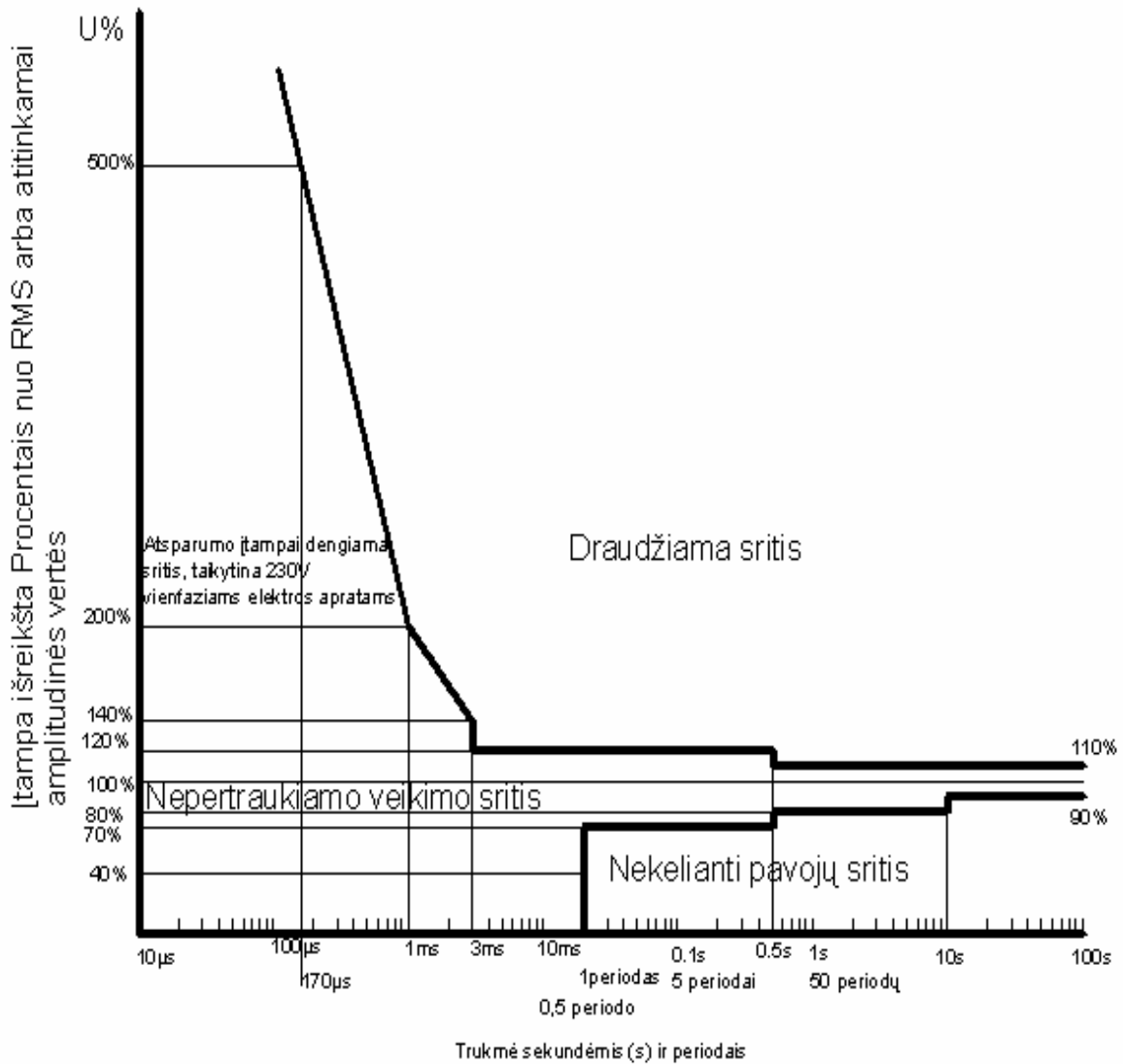
Visi taškai į dešinę nuo 3 ms atidedami kaip ir apatinės kreivės atveju, tačiau reikia atsižvelgti į įtampos šuolių trukmę.



1.6 pav. Kondensatoriaus perjungimo metu atsiradęs viršįtampių [7]

Remiantis aukščiau išdėstytomis mintimis ir kreivės sudarymo metodika sudarysime teorinę CBEMA kreivę kompiuterinei 230V/50Hz įrangai. Kadangi įtampos reikšmės duodamos procentais o laiko – ciklais (periodais), dydžių perskaičiavimas nereikalingas.

1.7 paveiksle pateikiama sudaryta kreivė.



1.7 pav. 230V/50Hz ITIC kreivė

Elektros energijos tiekimo sistema, tai sistema apjungianti elektros energijos gamybos, perdavimo, skirstomuosius įrenginius ir vartotojus. Šioje sistemoje visi elementai yra tarpusavyje susiję, todėl pasikeitus vieno įrenginio darbo režimui, paveikiama visa sistema. Be to elektros energijos tiekimo sistemą veikia ir išoriniai veiksniai – gamtos stichijos, žmogaus ūkinė veikla, paukščiai, gyvūnai ir pan.

Elektros energijos kokybę aprašantys standartai nusako normalią elektros tinklų būseną ir numato kokius galimus nuokrypius. Tokio požiūrio trūkumas yra tai, kad standartai paaiškina daugumos nuokrypių kilmę bei kai kurias charakteristikas, pavyzdžiui komutacinių viršįtampių amplitudę ir trukmę, tačiau tokių nuokrypių periodiškumas, o tuo pačiu šių įvykių pasekmės įrenginiams neprognozuojamos. Esant tokiai situacijai, dauguma elektros tinklų projektuojančių ir eksploatuojančių specialistų taip sukeltus gedimus dažnai paaiškina kitais, geriau žinomais reiškiniais. Pavyzdžiui viršįtampių ribotuvų gamyklinis brokas ar kt.

Šiuo metu pastatų elektros tiekimo sistemos projektuojamos vadovaujantis EİT, kuriose reikalaujama patikrinti tik vieną elektros energijos kiekybinį parametą – įtampos nuostolius elektros tiekimo linijose, t.y. ar vartotojui bus tiekama vardinės įtampos elektros energija. Toks požiūris į elektros energijos vartotojų jautrumą tiekiamos energijos kokybei yra suprantamas, nes didžioji įrenginių dalis yra arba nejautri staigiems įtampos pokyčiams, arba turi numatytas apsaugas, atjungiančias tokius įrenginius nuo tinklo.

Visiškai kitokia situacija yra kai kalbama apie informacinius įrenginius. Šie įrenginiai savo funkcijas gali atlikti pilnai, tik tada kai yra tiekama nekintančių arba kintančių tam tikrose siaurose ribose parametų energija. Informacinių įrenginių jautrumą apibūdina CBEMA kreivė, kurią nagrinėjant, iš pirmo žvilgsnio gali pasirodyti, kad ji daugiau skirta įrenginių maitinimo blokų gamintojams, o ne elektros tinklų (linijų) projektuotojams.

CBEMA kreivė nurodo elektros energijos kokybinių parametų zonas, kuriose įrenginiai veikia be sutrikimų, o kuriose – ne. Kaip matome tik normalaus veikimo zonoje galima užtikrinti patikimą informacinių įrenginių darbą. Jei įtampos reikšmės patenka į viršutinę zoną, galimi įrangos fiziniai pažeidimai. Jei tiekiamos elektros energijos įtampa patenka į apatinę zoną – galimi programinės įrangos gedimai, arba kai kuriais atvejais ir fiziniai gedimai (pavyzdžiui kietųjų diskų plokščių subraižymas).

Elektros energijos tiekimo sistemų projektuotojai turi būti susipažinę su CBEMA kreive ir žinoti įtampos nuokrypių vertes, nes daugumos nuokrypių poveikį galima pašalinti projektavimo stadijoje. Pavyzdžiui norint sumažinti įtampos kryčių atsiradimą galima informacinių įrenginių maitinimą numatyti atskiromis linijomis, o jei nagrinėjamame objekte yra daug kompiuterių – skaičiavimų centruose, interneto tiekėjų duomenų centruose ir pan., naudoti atskirą galios transformatorių. Lygiai taip pat galima kontroliuoti viršįtampių patekimą į elektros sistemą, numatant kelių klasių viršįtampių ribotuvus. Be to projektuotojui susipažinus su informacinių įrenginių specifika, ir įvertinus skirstomojo vidutinės įtampos tinklo struktūrą, žymiai lengviau nuspręsti ar reikia ir kokius naudoti rezervinius elektros energijos šaltinius, nustatyti jų galias ir pan.

2. Elektros energijos tiekimo patikimumo didinimo priemonės

Projektuojant informacinių sistemų maitinimą, negalima nustatyti įprastų elektros tiekimo patikimumo vartotojams kategorijų. Dėl savo ypatybių, maitinimas kompiuterinei technikai negali nutrūkti ilgesniam laikui, nei nurodo CBEMA standartas. Dingus įtampai, kompiuterių operatyvinėje atmintyje buvę duomenys dingsta, ir priklausomai nuo panaudojimo srities galimi didžiuliai nuostoliai arba net pavojus žmonių gyvybei.

Dėl tinklo dydžio ir jį veikiančių faktorių įprastomis priemonėmis (energijos tiekimas iš dviejų nepriklausomų linijų, generatoriaus panaudojimas) tiesiog neįmanoma patenkinti tokių aukštų reikalavimų. Todėl kompiuterių maitinimui papildomai numatomas „karštasis rezervas“ kuris dingus įtampai tiekia energiją tiek laiko, kol bus atstatytas pagrindinis maitinimas. Be to naudojant „karštąjį rezervą“ arba kitaip vadinamą nepriklausomos srovės šaltinį NSS (angl. UPS - Uninterruptible power supply), įvykdomi ir kiti CBEMA reikalavimai – reguliuojama tiekiamą įtampa, jos kreivės forma, dažnis, į NSS integruoti viršįtampių ribotuvai sugeria viršįtampius, gerinamas galios koeficientas ir t.t.

Šiuo metu egzistuoja įvairių NSS, skirtų nuo didelių skaičiavimo centrų iki namų kompiuterių maitinimui.

Svarbiausi NSS parametrai yra sukauptos energijos kiekis (kiek galės maitinti iš savo baterijos imtuvą) ir jo greitaveika nustatant gedimą bei perjungiant imtuvą prie rezervinio šaltinio.

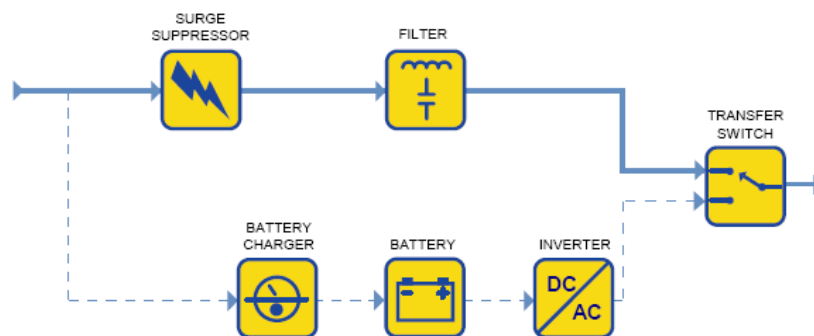
Žemiau pateikiame pagrindinių technologijų nepertraukiamos srovės šaltinių NSS apžvalgą.

2.1 Rezervinis NSS (Standby UPS)

Šio tipo šaltiniai paprastai naudojami namų kompiuterių maitinimui. Jų galios svyruoja nuo 0,25 iki 1 kVA. Struktūrinė šaltinio schema pavaizduota paveiksle.

Jei tinklo įtampa atitinka reikalavimus, per tinklo filtrą energija tiekiamą imtuvui. Tuo pat metu kraunama ir baterija. Dingus įtampai, šaltinis persijungia prie rezervinio šaltinio - akumuliatorių baterijos ir jos sukauptą energiją atiduodama imtuvui.

Paprastai šie rezerviniai šaltiniai stebi tik vieną parametą - tiekiamos įtampos dydį.



2.1 pav. Rezervinio NSS struktūrinė schema

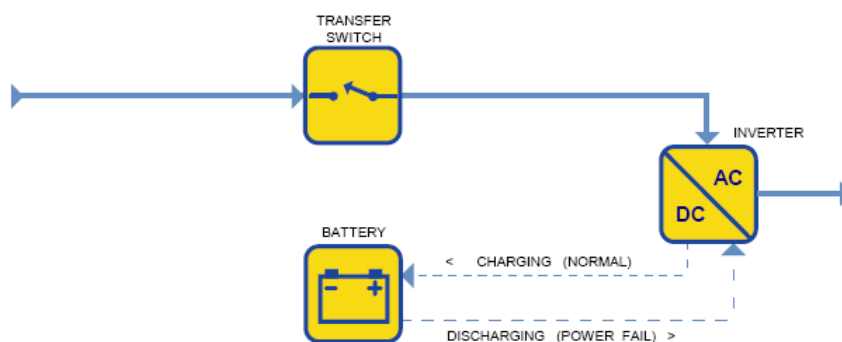
Šių šaltinių privalumai yra maža kaina bei didelis naudingumo koeficientas.

Trūkumas yra toks, kad šie šaltiniai nekontroliuoja įtampos dažnio ir kreivės formos. Be to jei tinkle keletą kartų per nedidelį laiko tarpą pasikartoja įtampos trūkiai, šis šaltinis gali jų neatpažinti ir neperjungti apkrovos prie rezervo.

2.2 Dalinai integruotas į liniją NSS (Line-interactive UPS)

Tokie NSS labiausiai tinka smulkaus verslo įmonių serverių maitinimui.

Šių šaltinių ypatybė yra ta, kad baterija per keitiklį yra nuolat prijungta prie imtuvo. Jei tinklo įtampa atitinka reikalavimus, per šį keitiklį kraunama baterija. Nukrypus kuriam nors kontroliuojamam įtampos parametru imtuvas atjungiamas nuo tinklo ir pradedamas maitinti iš baterijos. Taip užtikinama papildoma įtampos parametru kontrolė, lyginant su rezerviniais NSS.



2.2 pav. Sąveikaujantis su linija NSS struktūrinė schema

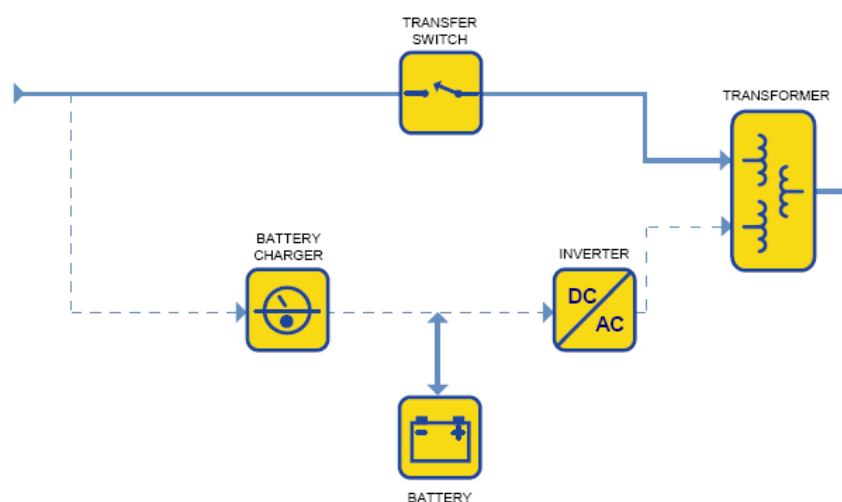
Kai kurie NSS konstruojami su transformatoriais, reguliuojančiais įtampą. Tai naudinga tais atvejais, kai imtuvai yra ilgų linijų galuose, kur ne visada užtikrinama reikiamo lygio įtampa.

Sumažėjus įtampai, NSS veikia kaip autotransformatorius, ir energija imama iš tinklo, o ne iš rezervinės baterijos. Tai leidžia pailginti NSS veikimą dingus įtampai. Paprastai šie NSS gali būti tiek vienfaziai tiek trifaziai. Ir skirti 0,5-5 kVA galios imtuvams.

2.3 Rezervinis NSS su įsotintu transformatoriumi (*The Standby-Ferro UPS*)

Šių NSS konstrukcinė savybė ta, kad jų išėjime naudojamas stipriai įsotintas trijų apvių transformatorius. Pagrindinis maitinimas per perjungiklį ir transformatorių buvo tiekiamas imtuvui. Dingus įtampai, energija tiekama iš rezervo (akumulatoriaus).

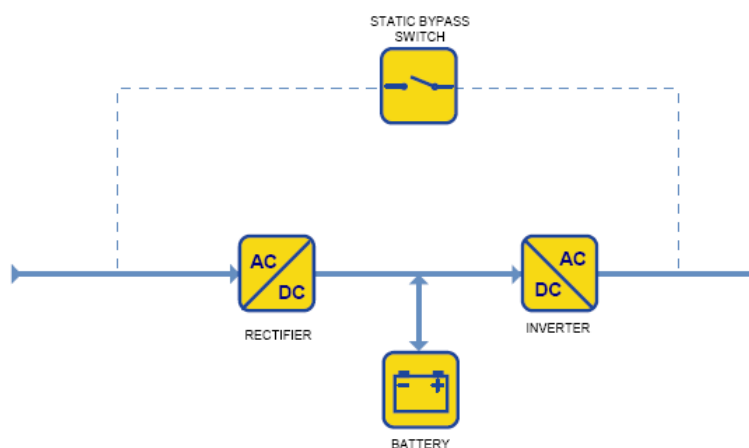
Kadangi transformatorius dirba įsotintu režimu, tai leidžia tam tikrose ribose reguliuoti išėjimo įtampos dydį ir kreivės formą. Toks įtampos nuokrypių reguliavimas yra efektyvesnis nei LC filtrai. Tačiau toks transformatorius pats į įtampos kreivės formą įneša iškraipymų, kurie ženkliai didėja, blogėjant tinklo įtampos parametrams. Tokių NSS trūkumai yra dideli gabaritai ir žemas naudingumo koeficientas.



2.3 pav. Rezervinio NSS su įsotintu transformatoriumi struktūrinė schema

2.4 Dvigubos konversijos nuolat įjungti NSS (The Double Conversion On-Line UPS)

Šių šaltinių ypatybė yra ta, kad jie iš rezervinio šaltinio tampa pagrindiniu, kontroliuojančiu visus tiekiamos energijos parametrus – įtampos dydį, jos kreivę ir dažnį. Dvigubos konversijos NSS struktūrinė schema pavaizduota paveiksle.



2.4 pav. Dvigubos konversijos NSS struktūrinė schema

Kintamos srovės įtampa lygintuve yra išlyginama ir krauna bateriją. Tuo pačiu nuolatinės srovės įtampa keitiklyje vėl yra keičiama į nustatytos formos kintamą įtampą ir paduodama imtuvui. Perjungiklis, turintis tam tikrą inerciją, yra rezervinėje linijoje, kuri aktyvuojama tik NSS gedimo atveju.

Nesunku nustatyti, kad tokie NSS turi mažą naudingumo koeficientą, nes elektros energija yra du kartus keičiama – iš kintamos į nuolatinę ir atgal į kintamos srovės įtampą. Tačiau toks sprendimas leidžia išėjime nuolat palaikyti idealios formos ir dažnio įtampą. Dvigubos konversijos NSS būna tiek vienfaziai tiek ir trifaziai, o jų galios svyruoja 5-100 kVA.

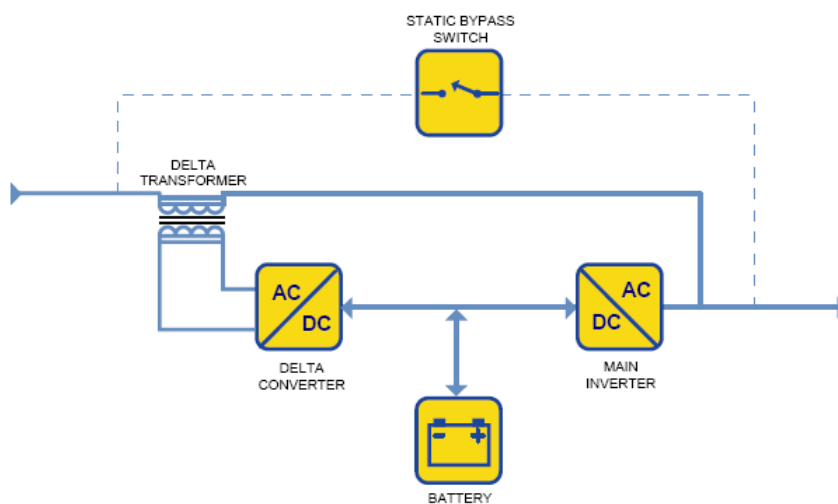
2.5 Delta konversijos NSS (The Delta Conversion On-Line UPS)

Tai patobulintas dvigubos konversijos NSS, kuris neturi dvigubos konversijos NSS trūkumų. Paprastai šių NSS galios svyruoja nuo 5kVA- 1MVA. Ir jie tinkami didelių objektų maitinimui. Delta konversijos NSS būna tik trifaziai bei pasirinktinai 0,4/10kV vardinės įtampos. Be to šie NSS lengvai suderinami su rezerviniais generatoriais.

Panašiai kaip ir dvigubos konversijos, delta konversijos NSS nuolat palaiko nustatytos formos 0,4/0,23kV įtampą. Tačiau delta konversijos NSS dalį gaunamos energijos perduoda tiesiai į

išėjimą. Tais atvejais kai įėjimo įtampos parametrai neatitinka numatytų, šis NSS veikia taip pat, kaip dvigubos konversijos NSS.

Delta konversijos NSS išėjimo charakteristikos tokios pat kaip ir dvigubos konversijos NSS, tačiau įėjimo charakteristikos skiriasi. Delta konversijos NSS turi dinaminę įėjimo įtampos kontrolę, galios koeficiento reguliavimą kintant apkrovai, kai tuo tarpu kitiems NSS mažėjant apkrovai, mažėja ir jų galios koeficientas ir naudingumo koeficientas.



2.5 pav. Delta konversijos NSS struktūrinė schema

Lentelėje pateikiami pagrindinių nepertraukiamos srovės šaltinių tipų techniniai rodikliai.

2.1 lentelė

Pagrindinių NSŠ techninių rodiklių palyginimas

NSŠ tipas	Galios intervalas	Ar kontroliuojami išėjimo įtampos parametrai	Vieno VA įrengimo kaina	Naudingumas	Ar nuolat veikia keitiklis	Panaudojimo sritis
Rezervinis	0-0,5	Beveik nekontroliuojami	Žema	Didelis	NE	Namų kompiuterių maitinimui
Sąveikaujantis su linija	0,5-5	Priklauso nuo konstrukcijos	Vidutinė	Didelis	Priklauso nuo konstrukcijos	Pavienių tarnybinių stočių maitinimui
Rezervinis su išotintu transformatoriumi	3-15	Beveik visi	Didelė	Mažas	NE	Kelių tarnybinių stočių maitinimui
Dvigubos konversijos	5-100	Visi	Didelė	Mažas	Taip	Interneto tiekėjų kompleksų maitinimui
Delta konversijos	5-5000	Visi	Vidutinė	Vidutinis	Taip	Didelių skaičiavimo centrų maitinimui

Matome, kad nepertraukiamos srovės šaltiniai yra vienas iš paprasčiausių techninių sprendimų, norint padidinti elektros energijos tiekimą informaciniams įrenginiams. Šiuolaikiniai NSŠ tenkina CBEMA reikalavimus tiekiamai elektros energijai. Be to kiekvienam vartotojų tipui pagal jo pareikalaujamą galią ir energijos kokybinius reikalavimus galima parinkti jam labiausiai tinkantį NSŠ.

NSŠ trūkumai – ribotas veikimo laikas iš akumuliatorių baterijų, didelė vieno kVA įdiegimo kaina, mažas naudingumo koeficientas. Be to NSŠ yra harmoninių iškraipymų šaltiniai.

3. Maitinimo blokų savybės

Kalbant apie tiekiamos elektros energijos kokybę, paprastai nurodomi pagrindiniai tiekiamos įtampos parametrai – kreivės forma, įtampos dydis, dažnis ir įtampos svyravimai. Todėl atrodo, kad projektuojant informacinių įrenginių maitinimo sistemas, pakanka numatyti tokius techninius sprendinius, kurie užtikrintų priimtinos formos, dydžio ir dažnio įtampą.

Kompiuterių maitinimo blokai yra netiesinės, aktyviojo talpinio pobūdžio apkrovos.

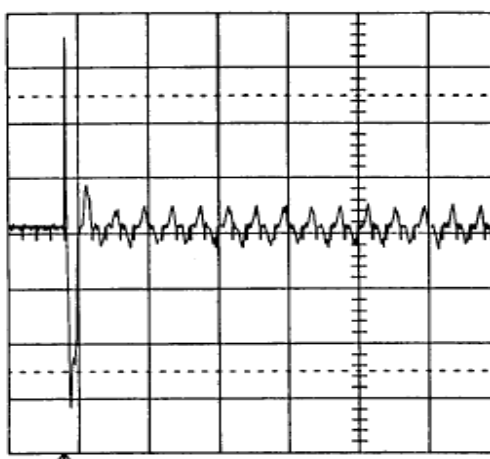
Tekant srovei per netiesinę varžą atsiranda netiesiniai įtampos kritimai, iškraipantys sinuso dėsnio kintančią evj šaltinio įtampą. Dėl varžos netiesiškumo pasikeičia ir energetiniai parametrai – įvedami nauji koeficientai ir dydžiai, kurių galima nevertinti tiesinės apkrovos atveju.

Šie dydžiai yra:

- amplitudės koeficientas, angl. - „crest factor“ (sinusinės formos dydžiui - 1,41)
- formos koeficientas;
- netiesinių iškreipimų koeficientas;
- netiesinių iškreipimų galia;
- Galios koeficientas.

Tais atvejais kai imtuvai yra pavieniai, o jų galios yra nedidelės, jų įtaka tinklo darbo režimams nedidelė. Tačiau, kai imtuvų yra daug, o jų suminė galia skaičiuojama dešimtimis arba šimtais kVA, tenka papildomai vertinti harmonines sroves, srovę nuliniame laidininke ir t.t.

Paleidimo metu kompiuterių maitinimo blokai pasižymi didelėmis paleidimo srovėmis, kurios vardinę viršija 10-15 kartų. 3.1 paveiksle pavaizduota paleidimo srovės kreivė.

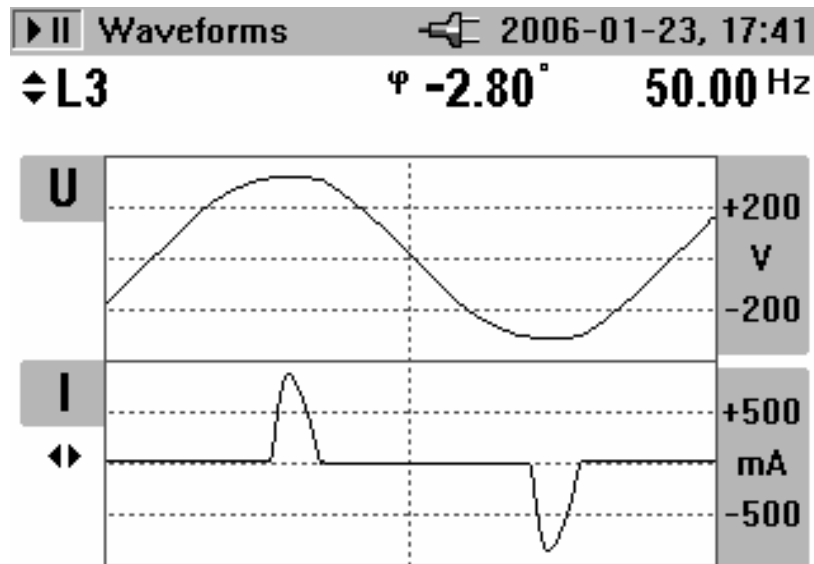


3.1 pav. Kompiuterio maitinimo bloko paleidimo srovė [8]

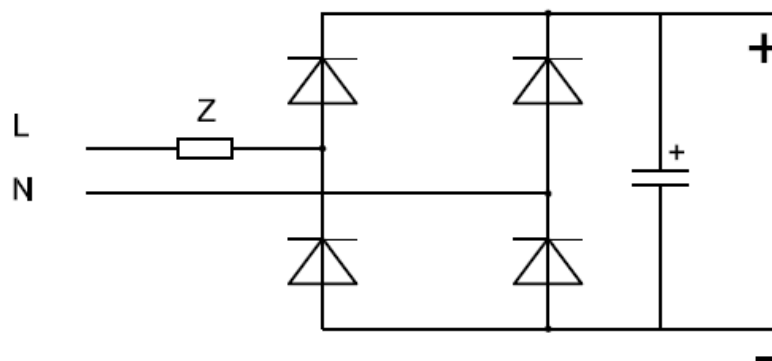
3.1 Kompiuterių įėjimo srovės kreivės forma ir pagrindiniai jos parametrai.

Kompiuterių specifika yra ta, kad jų maitinimo blokai - impulsiniai maitinimo šaltiniai su betransformatoriniu įėjimu ir reguliuojamu aukštadažniu keitikliu. Šiuose maitinimo blokuose 230V tinklo įtampa išlyginama diodiniu tilteliu, o išlygintos įtampos pulsacija mažinama kondensatorių filtru. Toliau įtampa 20 – 100Khz dažnių diapazone keitikliu paverčiama į reikiamas reikšmes. Toks sprendimas leidžia ženkliai sumažinti maitinimo blokų masę ir gabaritus bei užtikrina pakankamai aukštą naudingumo koeficientą [5]

Tačiau impulsinio maitinimo blokų naudojimas turi ir savų trūkumų – šie įrenginiai pakeičia srovės kreivės formą – srovė teka grandine tik tada, kai tinklo įtampos momentinė vertė tampa didesnė už kondensatoriaus, tai yra srovė tampa impulsinio charakterio o jos dydį riboja tik tinklo ir filtro elementų varžos. Tipinės tokio imtuvo įtampos ir srovės kreivės pavaizduotos 3.2 paveiksle.

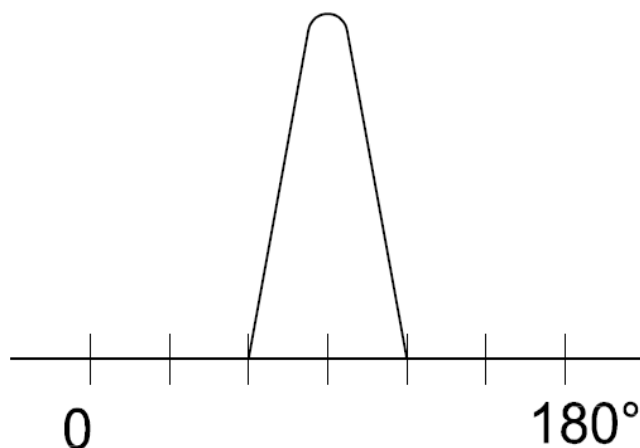


3.2 pav. Tipinės kompiuterio maitinimo bloko įėjimo įtampos ir srovės kreivės



3.3 pav. Supaprastinta lygintuvo schema

Paprastai maitinimo blokai [5] projektuojami taip, kad srovės kreivės plotis būtų 60 elektrinių laipsnių (3.4 pav.) Esant tokia srovės kreivės formai gaunamas didžiausias naudingumo koeficientas, pagerinamas galios koeficientas ir kt. rodikliai.



3.4 pav. Sutartinė srovės kreivės forma

Charakteringi tokios srovės kreivės parametrai yra šie:

1. Amplitudės koeficientas (angl. Crest factor), tai matuojamos srovės maksimalios vertės santykis su srovės efektine verte.

$$k_a = \frac{i_{\max}}{I_{ef}} = 2,5 \quad (3.1)$$

čia: i_{\max} - maksimali srovės vertė

efektinė srovė gali būti išmatuota arba apskaičiuota taip:

$$I_{ef} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}, I_n - \text{efektinė } n\text{-tosios harmonikos vertė} \quad (3.2)$$

$$I_n = I_{mn} / \sqrt{2} \quad (3.3)$$

2. Formos koeficientas (angl. form factor) tai efektinės srovės santykis su vidutine srove.

$$k_f = \frac{I_{ef}}{|I|} = 1,8, \quad (3.4)$$

čia $|I|$ - vidutinė srovės vertė, apskaičiuojama: $|I| = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt$

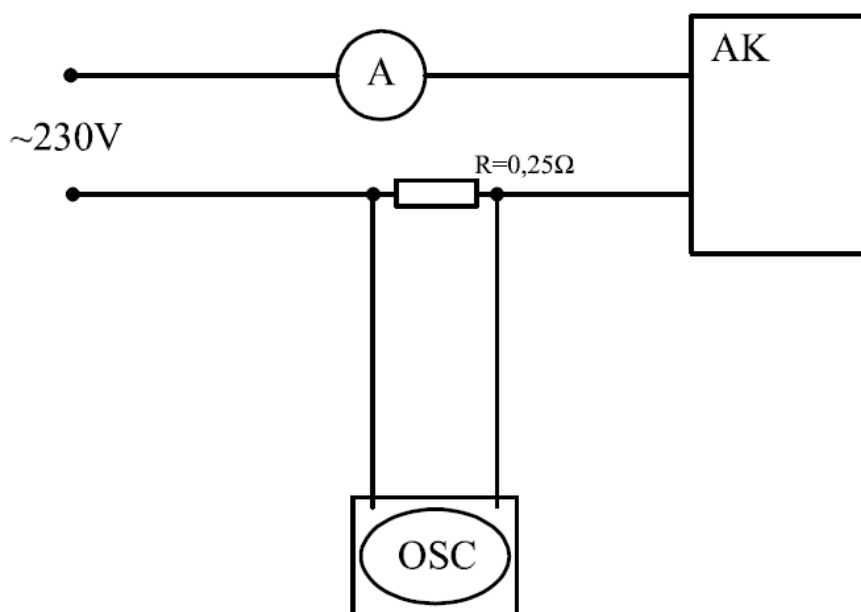
3. Netiesinių iškreipų koeficientas NIF (angl. Total harmonic distortion factor THD):

$$NIF = \frac{I_1}{I_{ef}} = 0,65 \quad (3.5)$$

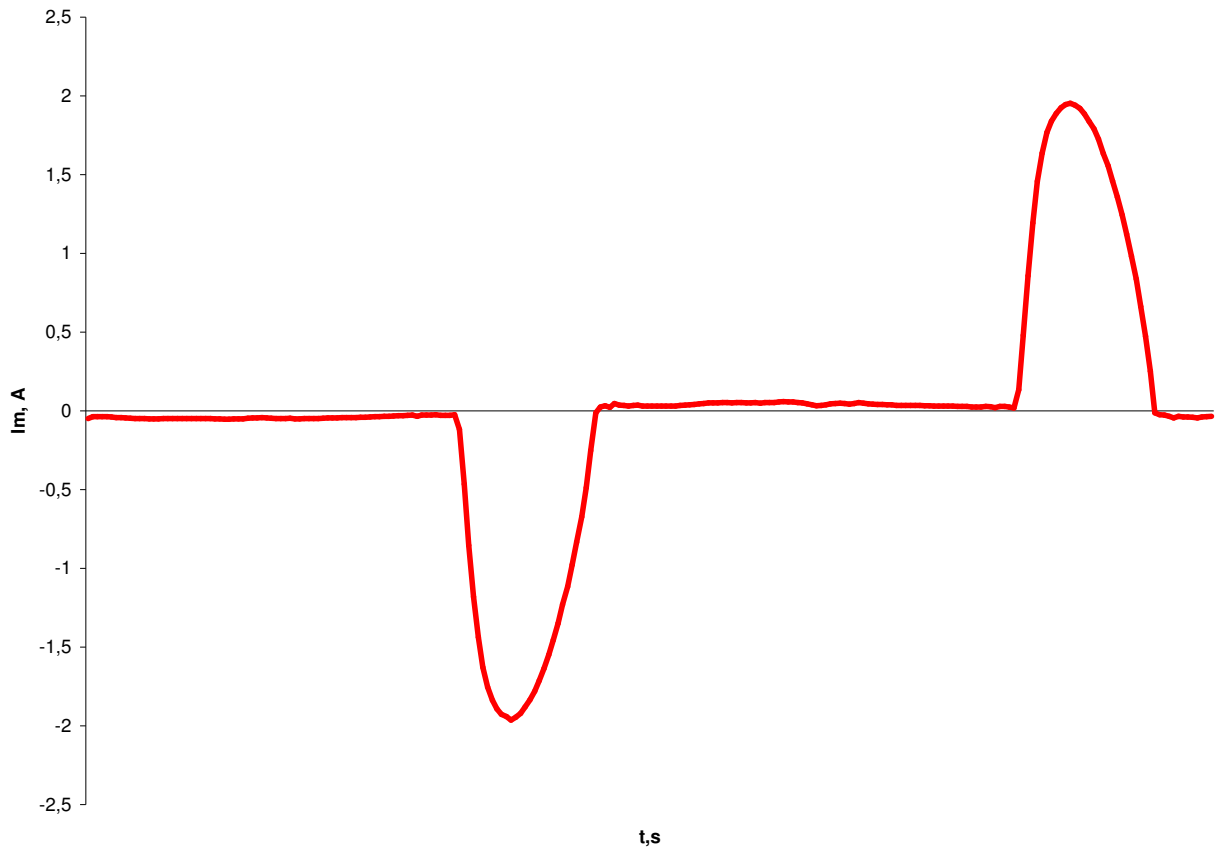
čia: I_1 - pirmosios srovės harmonikos efektinė vertė.

Šiuolaikinėje galios elektronikos literatūroje neaprašoma [5] išdėstyta metodika, be to nuo šio straipsnio publikavimo datos, kompiuterių maitinimo blokai ženkliai pasikeitė (tuo metu dominavo AT maitinimo blokų standartas, vėliau ATX 1.3 o šiuo metu – ATX 2.0). todėl buvo nuspręsta eksperimentiškai patikrinti kokie yra šiuolaikinio kompiuterio maitinimo bloko įėjimo srovės kreivės forma bei jos koeficientai.

3.7 paveiksle pavaizduotas bandymo modelis. Prie maitinančio tinklo buvo prijungtas kompiuteris ir oscilografu nustatyta srovės kreivės forma bei maksimali amplitudinė srovės vertė. Rezultatų patikrinimui buvo išmatuota ampermetru efektinė srovės vertė.



3.7 pav. Eksperimentinis modelis

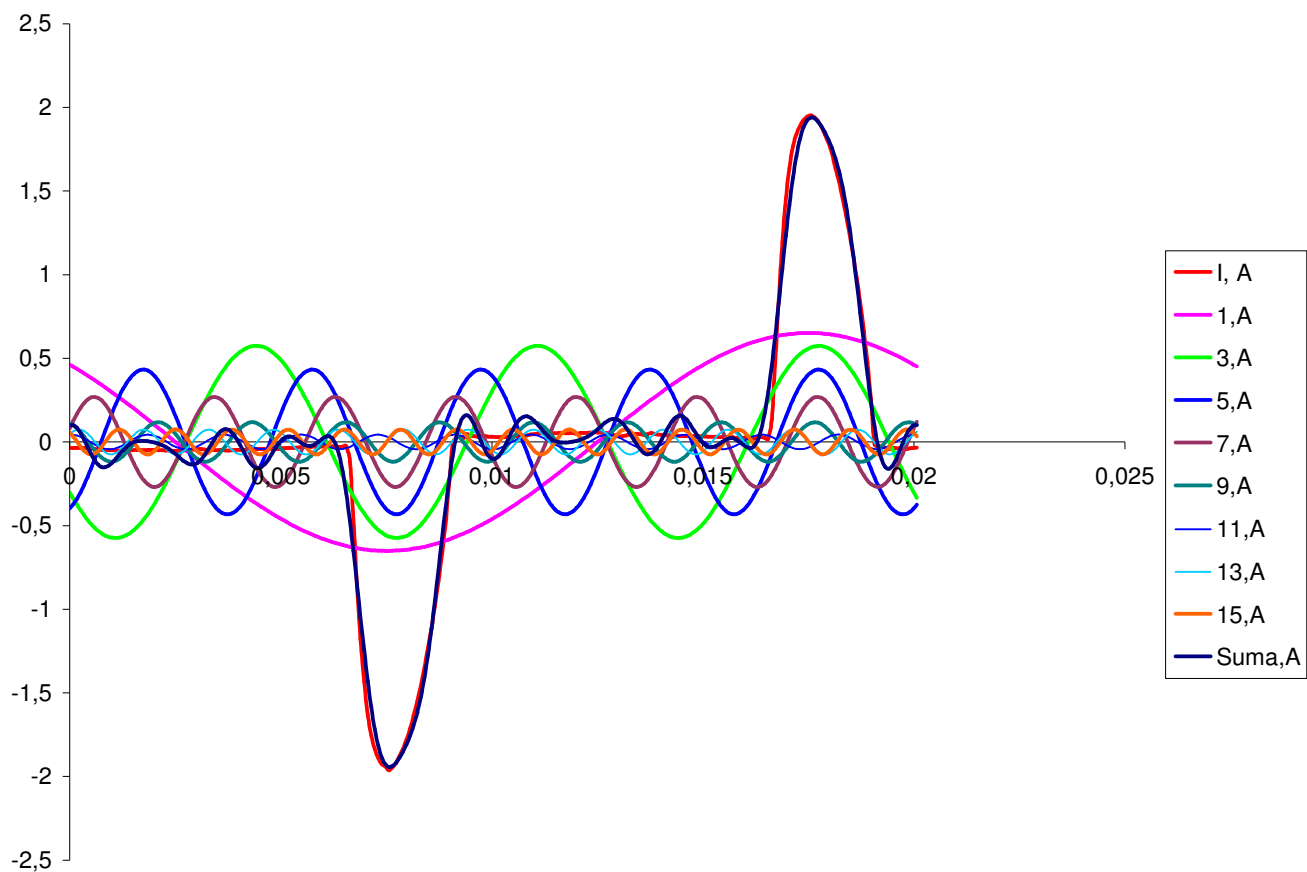


3.8 pav. Kompiuterio maitinimo bloko įėjimo srovės kreivės forma

Matavimais nustatyta, kad maksimali momentinė srovės vertė yra 1,96A. Efektinė srovė – 0,76A.

Pabandykime išskaidyti harmoninėmis dedamosiomis pagal [2].

Skaidydami harmonikomis vertinome tik nelygines harmonikas iki 15 imtinai. Paveiksle 3.9 pavaizduotas harmoninis spektras. 3.1 Lentelėje pateiktos kreivės harmonikos procentais.



3.9 pav. srovės harmonikos

3.1 lentelė

Įėjimo srovės harmonikos

Harmonikos Nr.	1	3	5	7	9	11	13	15
Harmonikos amplitudinė vertė, A	0,65	0,57	0,43	0,27	0,12	0,04	0,07	0,07
Harmonikos efektinė vertė, A	0,46	0,41	0,31	0,19	0,08	0,03	0,05	0,05
Harmonika procentais	100	88	67	41	18	7	11	11

Apskaičiuojame efektinę srovę:

$$I_{ef} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$$

čia I_n – efektinė n-tosios harmonikos vertė

$$I_{ef} = \sqrt{0,46^2 + 0,41^2 + 0,31^2 + 0,19^2 + 0,08^2 + 0,03^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = 0,76A$$

Apskaičiuojame amplitudės koeficientą:

$$k_a = \frac{i_{max}}{I_{ef}} = \frac{1,95}{0,76} = 2,56$$

Apskaičiuojame netiesinių iškreipijų koeficientą:

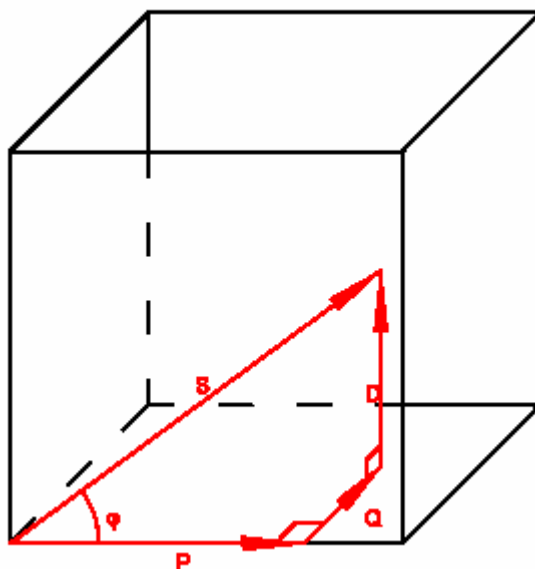
$$NIF = \frac{I_1}{I_{ef}} = \frac{0,46}{0,76} = 0,605$$

Matome, kad bet kurio pasirinkto kompiuterio maitinimo bloko įėjimo srovės išmatuotos ir apskaičiuotos charakteristikos artimos [5] išdėstytoje metodikoje.

Atlikus bandymą galima padaryti išvadas:

Įėjimo srovės 3 harmonika sudaro 88 procentus, todėl sujungus tris tokio tipo imtuvus žvaigžde nuliniu laidininku tekės nulinės sekos srovės.

Maitinimo bloką gamintojų nurodoma tik aktyvioji vardinė galia. Tokia informacija klaidina elektros tiekimo sistemų projektuotojus, nes visiškai nėra vertinama netiesinių iškraipymų galia D, kuri gali sudaryti iki 40 procentų pilnutinės galios S.



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

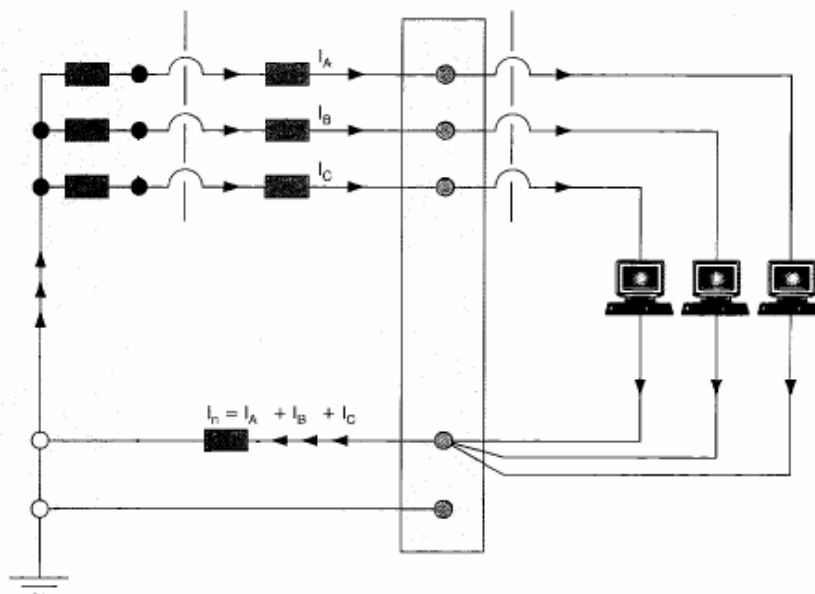
Čia: P – imtuvo aktyvioji galia, kW, Q – reaktyvioji transformatoriaus ir kabelių linijų galia kVar, D- reaktyvioji iškraipymų galia kVar, S – pilnutinė galia, KVA

3.2 Srovė nuliniame laidininke

Projektuojant maitinimo tinklą vienfaziai imtuvai yra grupuojami, o jų grupės sujungiamos žvaigžde.

Kai apkrova yra tiesinė ir simetrinė nuliniu laidu neteka srovė. Todėl daugelyje šalių leidžiama naudoti kabelius, kurių N laidininkas yra plonesnis, arba lygi faziniams laidininkams.

Panagrinėkime atvejį, kai trys vienodi netiesiniai imtuvai yra prijungti prie šaltinio žvaigžde.



3.5 pav. Simetrinis netiesinis trifazis imtuvas

Imtuvai yra vienodi, todėl faziniais laidininkais tekės vienodos srovės:

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

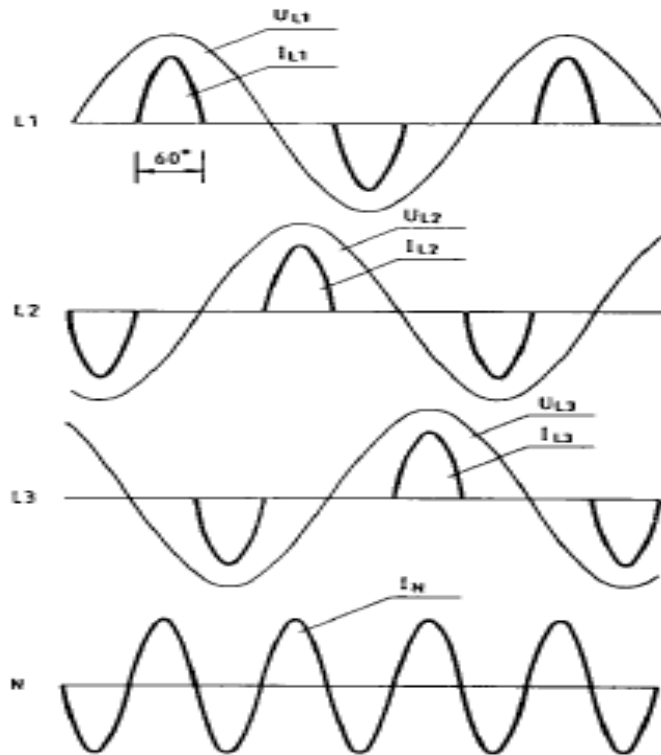
Žinome, kad šių imtuvų amplitudės koeficientas yra

$$k_a = 2,5$$

Tada amplitudinė fazinės srovės vertė:

$$I_m = k_a \cdot I_L$$

Srovių fazės tarpusavyje yra perstumtos 120 laipsniu. Nubraižius trijų fazių sroves ir jas susumavus, matome, kad nuliniu laidu teka srovė, kurios dažnis yra tris kartus didesnis nei tinklo.



3.6 pav. Srovės faziniuose ir nuliniame laidinike [5]

Nulinio laido srovę galima apskaičiuoti:

$$I_N = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{k_a \cdot I_L}{\sqrt{2}} = \frac{2,5}{\sqrt{2}} I_L \approx \sqrt{3} I_L \quad (3.6)$$

čia:

I_L – fazinės srovės efektinė vertė;

I_m – fazinės srovės amplitudinės vertė;

k_a – amplitudės koeficientas;

I_N – nulinio laidininko srovė.

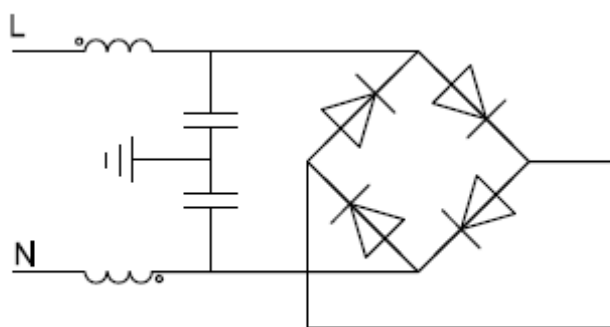
4. Įžeminimo sistemos įtaka stabiliam kompiuterio darbui.

Tinkamas įžeminimas yra esminis reikalavimas kalbant apie patikimą informacinę sistemą. Tačiau informacinių sistemų specialistai kitaip supranta įžeminimo sistemos prasmę, klaidingai pasirenka įžeminimo sistemos struktūrą – naudoja „grynąjį įžeminimą“, taip ne tik pablogindami įrangos eksploatavimo sąlygas, bet ir sukeldami pavojų žmogaus gyvybei.

Galima išskirti pagrindinius reikalavimus, keliamus informacinių sistemų įžeminimui:

- Įžemintuvas turi būti kuo mažesnės varžos tam, kad esant gedimui apsaugos įtaisai galėtų greitai atpažinti ir atjungti pažeistą tinklo dalį;
- tarp skirtingų įžemintų konstrukcijų ar įrenginių neturi būti potencialų skirtumo, tam kad apsaugoti personalą.
- Viršįtampių kontrolė.

Panagrinėkime situaciją, kai kompiuteris nėra įžemintas. Kompiuterių maitinimo blokuose naudojami LC filtrai trukdžių sumažinimui.



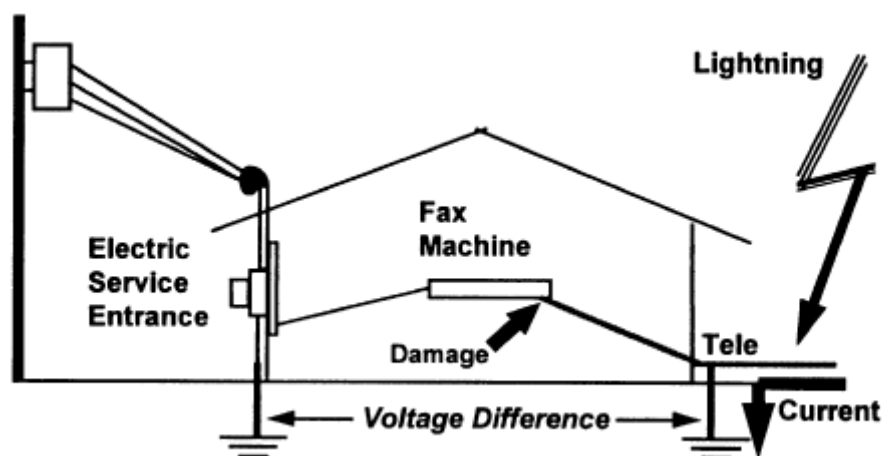
4.1 pav. LC filtras

Tuo atveju, kai kompiuteris nėra prijungtas prie įžeminimo sistemos, kondensatoriai veikia kaip talpiniai įtampos dalikliai ir jo kompiuterio korpuse atsiranda pusės tinklo įtampos dydžio potencialas (apie 110V), o tai jau pavojinga žmogui įtampa. Žinoma, šio „šaltinio“ galia yra ribota – srovė, tekanti į žemę I_n yra miliamperų eilės, t.y. šio šaltinio srovė tai kondensatorių nuotėkio srovės.

Tačiau kuo galingesnis maitinimo blokas, tuo didesnė filtro kondensatorių talpa, tuo didesnė nuotėkio srovė.

Kompiuterio maitinimo blokas ir korpusas yra prijungti prie sąlyginio nulio taško. Įvykus gedimui – pavyzdžiui pramušamas kuris nors kondensatorius, kompiuterio korpuse gali atsirasti visas tinklo potencialas ir prisilietus žmogui, juo gali pratekėti srovė, kuri bus ribojama tik žmogaus varžos. Toks režimas jau yra pavojingas žmogaus gyvybei.

Kitokia situacija yra, yra naudojami du skirtingi žemintuvai, Tai yra elektros įvadas vartotojui pagal EIT turi būti žemintas ne mažesne nei $10\ \Omega$ varža, o telekomunikaciniai kabeliai savo ruožtu yra žeminami, taip mažinant trikdžius linijose. 4.2 paveiksle pavaizduota tokia sistema.



4.2 pav. Informacinio įrenginio galimo pažeidimo scenarijus [8]

Trenkus žaibui į telefoninę liniją, įrenginys bus sudegintas didelės energijos viršįtampio. Be to per šio įrenginio maitinimo bloką viršįtampis gali pasiekti kitus tame pastate esančius įrenginius ir juos sugadinti.

Dažnai pasitaikanti klaida projektuojant ir diegiant pastatų elektros ir komunikacijų sistemas yra ta, kad kompiuterių maitinimo posistemė yra visiškai atskiriama nuo telekomunikacinės posistemės. Pagal EIT visos pastatų metalinės konstrukcijos, vandentiekio, šildymo ir ventiliacijos sistemos, technologiniai įrenginiai, elektros įrenginiai turi būti žeminti, tam panaudojant bendrąjį žemiklį ir potencialų išlyginimo šnį, prie kurios turi būti prijungti visi aukščiau išvardinti įrenginiai.

Informacinių sistemų projektavimo praktika yra tokia, kad šių sistemų maitinimo tinklai ir duomenų tinklai yra montuojami ir projektuojami atskirai. Paprastai duomenų kabeliai turi ekraną kuris telekomunikacinėje spintoje yra prijungiamas prie bendros ekvipotencialinės šynos. Taip pasiekiamas potencialų išlyginimas tarp skirtingų kompiuterių tinklo plokščių ir tuo sumažinamas įvairių elektromagnetinių šaltinių poveikis tinklo perduodamų duomenų kokybei. Komunikacinės spintos turi ekvipotencialinę šnį, paprastai jungiama prie bendro pastato žemiklio arba jei tai neįmanoma - įrengiamas atskiras.

Dideliuose pastatuose kompiuteriai nuo maitinimo šaltinio, o tuo pačiu ir nuo žemiklio gali būti nutolę pakankamai dideliais atstumais, be to dažnai informacinės sistemos yra maitinamos iš bendrų skirstomųjų skydų su apšvietimo, šildymo ir kt. prietaisais. Dėl kabelių varžos tarp to paties kompiuterio maitinimo ir duomenų perdavimo gali susidaryti potencialų skirtumas ir tinklo kabeliu

tekės išlyginančios srovės, kurios gali indukuoti papildomas evj, iškraipyti perduodamą signalą arba net sugadinti įrangą.

4.1 lentelė

Dažniausiai pasitaikančios informacinės sistemos maitinimo diegimo klaidos

Įrenginių tarpusavio ryšis	Sunkinančios sąlygos	Įrangos veikimo sutrikimai	Kas turi būti matuojama
IT sistemos komponentai yra maitinami iš skirtingų taškų	Skirtingi signalų lygiai arba indukuotos elektrovaros duomenų kabeliuose	Nestabilus tinklo įrangos veikimas, duomenų praradimai, sulėtėjusi tinklo greیتaveika, įrangos gedimai	Matuojami 50Hz įtampos lygiai tarp sistemos komponentų
Keletas skirtingų sistemos sąsajų su išore	Duomenų sąsajose iškraipomi signalai.	Pakimba arba sugenda tinklo įranga	Matuojamas signalų lygis duomenų sąsajose
Informacinė sistema naudoja bendra įžeminimo sistemą su kita elektros įranga	Klaidžiojančios srovės PE laidininke ir duomenų kabeliuose	Atsitiktiniai duomenų praradimai, programų „pakibimas“ ir pan.	Patikrinti ar nėra klaidžiojančių srovių PE laidininke.

5. Apkrovų skaičiavimo ypatumai

Šiuolaikiniai kompiuterių maitinimo blokai tai sudėtingos ir įvairiais režimais veikiančios schemas, kurias analizuoti ir įvertinti įprastais metodais pakankamai sunku. Tačiau eksperimentais nustatyta [9], kad pagrindiniai parametrai, veikiantys tinklą yra šie:

- atstojamoji maitinimo bloko varža R_a ;
- aktyvioji maitinimo šaltinio (transformatoriaus, linijos) varža R ;
- maitinimo bloko kondensatoriaus talpa C ;
- maitinimo šaltinio induktyvumas L .

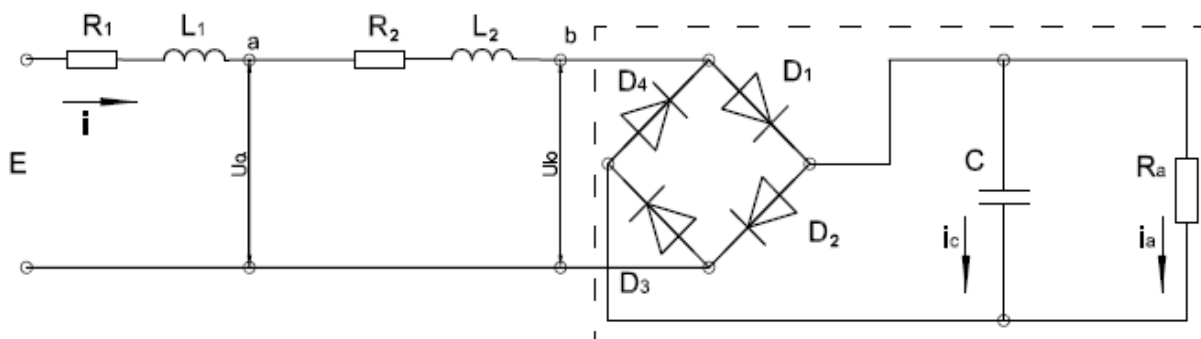
Atstojamąją maitinimo bloko varžą ir talpą galima nustatyti pagal konkretaus impulsinio maitinimo bloko duomenis. Tačiau jei jie nėra žinomi, atstojamąją varžą galima apskaičiuoti iš suminės kompiuterio galios P_n , kuri paprastai yra nustatoma projektuojant.

$$R_a = \frac{U_D^2}{P_n}; \quad (5.1)$$

čia: U_D – lygintuvo išlyginta įtampa ($U_D=280\div 290V$)

Kondensatoriaus talpa paprastai parenkama taip, kad kiekvienam kompiuterio vatui tektų 1,0-1,5 μF .

Sudarykime skaičiuojamąją grandinės schemą. Tarkime, kad imtuvas yra maitinamas kabelių linija nuo galios transformatoriaus 0,4 kV šynų sekcijos. Transformatoriaus antrinės apvijos aktyviają varžą ir induktyvumą pažymėkime: R_1 ir L_1 , kabelių linijos - o R_2 ir L_2 . Taške a matuojama transformatoriaus įtampa U_a , o taške b – įtampa ant imtuvo gnybtų. Maitinimo bloke srovės tekės per lygintuvą, kondensatorių filtrą C ir bloko apkrovą R_a .



5.1 pav. Skaičiuojamoji grandinės schema

Pereinamąjį procesą, vykstantį šioje grandinėje, galima užrašyti tokia lygtimi:

Kai grandine teka srovės impulsas:

$$E_m \sin \omega t = (L_1 + L_2) \frac{di}{dt} + (R_1 + R_2)i + R_a i_a - \frac{1}{C} \int i_C dt = R_a i_a \quad (5.2)$$

Išsikraunant kondensatoriui:

$$-\frac{1}{C} \int i_C dt = R_a i_a \quad (5.3)$$

čia: E_m - amplitudinė tinklo šaltinio evj. reikšmė.

i , i_C , i_a - momentinės tinklo, apkrovos ir kondensatoriaus srovės, $i = i_C + i_a$

Šių diferencialinių lygčių sprendinių i , i_C , i_a radimui galima panaudoti kompiuterinę programą, pavyzdžiui MathCad [9]. Pasirinkus atitinkamą žingsnį per periodą pvz. 0,5 elektrinio laipsnio ir išsprendus lygtis, randamos fazinės ir nulio srovės, aktyvioji ir pilnutinė galios, srovės amplitudės koeficientą, galios koeficientą, įtampos bei srovės harmonikas.

5.1 Apkrovų skaičiavimų pavyzdys

Panagrinėkime konkretų atvejį, kai norima nustatyti esamos apkrovos poveikį maitinančiam tinklui.

Mums žinoma, kad apkrova yra kompiuterių parkas, kurio suminė galia – 82 kW, apkrova yra paskirstyta taip, kad fazės būtų kuo tolygiau apkrautos, apkrova maitinama transformatoriumi TM-250/10, kurio galia – 250kVA, trumpo jungimo įtampa u_k - 4,5%.

Nustatome atstojamąją apkrovos varžą R_a ir talpą C :

Aktyvioji kiekvienos fazės varža randama pagal (5.1)

Į šią formulę įstatę galios $P_n = 82000/3 = 27300W$ ir įtampos $U_D^2 = 285V$ reikšmes, gauname:

$$R_a = \frac{285^2}{27300} = 2,97\Omega$$

Kondensatorių filtro talpa $C=27300 \mu F$.

Iš žinyno nustatome transformatoriaus reaktyviąją varžą, induktyvumą ir aktyviąją varžą:

$$x_1 = \frac{10 \cdot 4,5(0,4)^2}{250} = 0,026\Omega;$$

$$L_1 = \frac{0,026}{2\pi \cdot 50} = 8,28 \cdot 10^{-5} H;$$

$$R_1 = \frac{3,7 \cdot (0,4)^2}{250^2} = 0,0085\Omega$$

Apkrova maitinama kabeline linija, kurios $R_2=0,073\Omega$; $L_2 = 0,3 \cdot 10^{-5} H$

Skaičiavimai atliekami Mathcad programa [9] nurodyta tvarka.

Atlikus skaičiavimus gautos tokios reikšmės:

- Iškreipymų koeficientas taške a – 5,53proc.;
- Efektinė fazinė srovė – 170,7A;
- Maksimalios srovės reikšmės santykis su efektine(amplitudės arba crest factor) - 2,38;
- Nulinio laido srovė - 294,7A;
- Apkrovos naudojama galia (kiekvienai fazei);
- Aktyvioji - 27,539 kW;
- Pilnoji – 37,41 kVA.

Įtampos ir srovės harmonikos pateiktos lentelėse 5.1 ir 5.2, o įtampos ir srovės kreivių formos - 5.2 paveiksle

5.1 lentelė

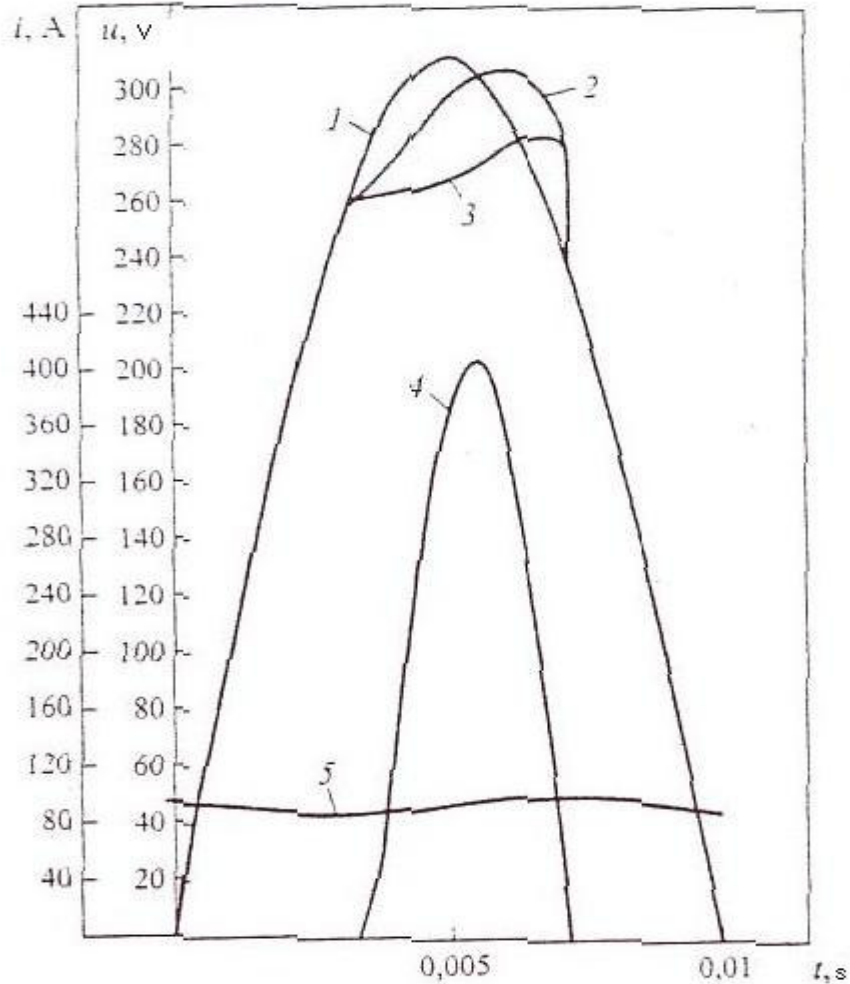
Srovės harmonikos

Harmonikos Nr.	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Srovės harmonikos amplitudinė reikšmė I_{mn}, A	178,7	138,6	77,4	25,6	8,58	11,6	5,17	4,45	4,31	3,18
$I_{mn}/I_{m1}, A$	100	77,7	43,9	14,3	4,8	6,49	2,89	2,49	2,41	1,78
Harmonikos fazė, el. laipsniais	-7,77	156,2	-42,11	109,2	159,8	-74,24	52,15	119,8	247,7	- 1 4

5.2 lentelė

Įtampos harmonikos

Harmonikos Nr.	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Įtampos harmonikos amplitudinė reikšmė U_{mn}, A	309,5	11,59	10,55	4,43	2,39	3,43	1,59	1,96	1,81	1,1
$U_{mn}/U_{m1}, A$	100	3,73	3,41	1,43	0,77	1,1	0,51	0,63	0,58	0,36
Harmonikos fazė, el. laipsniais	-0,897	61,54	233,4	11,95	57,6	188,6	-55,57	16,21	144,3	228,4



5.2 pav. skaičiavimais nustatytos kreivės.

1 – transformatoriaus evj., 2 – įtampos taške a; 3 – įtampos taške b;
4 – srovės maitinimo bloko įėjime; 5 – srovės maitinimo bloko išėjime.

Atliktų skaičiavimų patikimumą galima patikrinti pagal galių balansą:

Šaltinio atiduodama aktyvioji galia (žr. paveikslą 5.1) taške a yra $P_s = 27,539 \text{ kW}$

Apkrovos naudojama galia (varžoje R_a) $P_a = 25,374 \text{ kW}$

Galios nuostoliai linijoje (varžoje R_2) $\Delta P = 2,185 \text{ kW}$

Tada $P_a + \Delta P = 27,501 \text{ kW}$, o galių balansas $[(27,539 - 27,501) / 27,501] * 100 = 0,13\%$

Gauname 0,13 proc. paklaidą, kuri inžineriniuose skaičiavimuose laikoma patenkinama.

6. Išvados.

1. Tiekiamos elektros energijos kokybė yra labai svarbus veiksnys, įtakojantis informacinių sistemų nenutrūkstamą darbą.
2. Vien nepertraukiamos srovės šaltiniais negalima užtikrinti reikiamo maitinimo patikimumo. Papildomai reikia įvertinti maitinimo tinklo schemą, kitų imtuvų įtaką, apsaugos nuo viršįtampių ir įžeminimo sistemos efektyvumą.
3. Projektuojant informacinio komplekso maitinimo tinklą reikia atsižvelgti į tai, kad kompiuteriai kaip netiesinės apkrovos iškraipo įtampos kreivę, o tai gali turėti įtakos kitų įrenginių darbui. Nulinio laidininko srovė yra ženkliai didesnė nei tekanti fazėse, todėl parenkant kabelių gyslų skerspjūvį reikia naudoti nulinio laidininko srovę.
4. Parenkant galios transformatorius tokio tipo apkrovoms reikia įvertinti netiesinių iškraipymų galią D.

7. Literatūra

1. "Elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Vilnius, 2001.
2. Pukys P., 1990 Teorinė elektrotechnika I, Vilnius, Mokslas.
3. Starkus B., 2003, Galios elektronika, Kaunas: Technologija.
4. LST EN 50160: 2001, Skirstomųjų elektros tinklų įtampos charakteristikos.
5. H. Pettersson and I. Pohjonen, 1988, "Power Calculations and grounding in EDP/UPS power networks". Helsinki.
6. J. Kyei, R. Ayyanar, G. Heydt, R. Thallam, and J. Blevins, "The design of power acceptability curves," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 17, pp.
7. Geun-Joon Lee, Mihaela M. Albu, Gerald Thomas Heydt, 2004, A Power Quality Index Based on Equipment Sensitivity, Cost, and Network Vulnerability.
8. IEEE Std 1100-1999: IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment.
9. Ловля В. С. 1999, Большие информационно-вычислительные комплексы как объекты электроснабжения, Промышленная энергетика №4, 26-29