

Juuso Satola

TEHTAAN LOISTEHON KOMPENSOINNIN MODERNISOINTI

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2013

TEHTAAN LOISTEHON KOMPENSOINNIN MODERNISOINTI

Satola, Juuso
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2013
Ohjaaja: Lehtio, Ari
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 1

Asiasanat: loisteho, kompensointi, kondensaattori

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdaskiinteistön loistehon kompensoinnin modernisointi. Työn tarkoituksena oli mitata tehtaan tarvitsema loisteho ja tehtaalla jo käytössä olevien kondensaattoriparistoiden kunto.

Mittaukset suoritettiin koko kiinteistössä, mutta mahdolliset muutokset tapahtuvat ensin uudella tehtaalla ja tulevaisuudessa tehtaan vanhassa osassa.

Mittaustulosten perusteella voidaan suunnitella tehtaalla tarvittavat muutokset loistehon kompensointia koskien.

FACTORYS REACTIVE POWER COMPENSATION MODERNIZATION

Satola, Juuso

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

April 2013

Supervisor: Lehtio, Ari

Number of pages: 35

Appendices: 1

Keywords: reactive power, compensation, condenser

The subject of this thesis was to modernize factory's reactive power compensation. Purpose was to measure reactive power that factory needs and measure condition of condensers that are already in use.

Measurements were performed in whole property, but possible modifications take place in new section and in future in factory's old section.

The basis of measurements can be designed at the factory the needed changes according to reactive power compensation.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LOISTEHO	7
2.1	Mitä loisteho on?.....	7
2.1.1	Loistehon syntyminen	7
2.1.2	Loistehon tuottaminen ja välttäminen	8
3	KOMPENSOINTI.....	9
3.1	Kompensoinnin etuja	9
3.1.1	Taloudelliset edut	9
3.1.2	Liittymän kapasiteetin lisääntyminen.....	9
3.1.3	Kompensointi lisää verkon siirtokapasiteettia.....	10
3.1.4	Yliaaltosuodatus pienentää säröä	10
3.2	Kompensointitavat	11
3.2.1	Laitekohtainen kompensointi	11
3.2.2	Ryhmäkompensointi.....	11
3.2.3	Keskitetty kompensointi.....	12
3.3	Kompensointi- ja verkkokäskyohjauslaitteet.....	12
3.3.1	Automaatiikkaparisto	12
3.3.2	Estokelaparisto	13
3.3.3	Yliaaltosuodatin.....	13
3.3.4	Kolmannen yliaallon suodin.....	13
4	MITTAUKSET	14
4.1	Mittauspäivän valinta.....	14
4.2	Käytetyt mittaustekniikat	14
4.2.1	Verkon laadun mittaus.....	14
4.2.2	Kapasitanssimittaus	15
4.3	Pääkeskus.....	15
4.3.1	Kilpiarvot	16
4.3.2	Mitatut arvot	16
4.4	Uuden tehtaan pääkeskus.....	17
4.4.1	Kilpiarvot	18
4.4.2	Mitatut arvot	19
4.5	Nousukeskus 6	22
4.5.1	Kilpiarvot	23
4.5.2	Mitatut arvot	23
4.6	Valaisinpääkeskus.....	25

4.6.1	Kilpiarvot	26
4.6.2	Mitatut arvot	26
4.7	Nousukeskus 7	27
4.7.1	Kilpiarvot	28
4.7.2	Mitatut arvot	28
4.8	Koko päivän mittaus	29
5	JOHTOPÄÄTELMÄT	33
6	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Työ tarkoituksena oli päivittää uuden tehtaan loistehon kompensoinnin tarve sekä mitoittaa koko tehtaan loistehon kompensoinnin tarve. Mittaukset suoritettiin yhteistyössä Alstomin Matti Tapperin kanssa.

Syy mittauksille oli arviot yliaaltojen kasvamisesta lisääntyneiden taajuusmuuttaja käyttöjen takia, sekä valaisimien vaihto kompensoituihin loisteputkivalaisimiin. Toinen syy mittauksille oli mahdollinen siirtyminen loistehon laskutukseen. Mittaukset suoritetaan keskuksilla joissa on jo kondensaattoreita ja samalla tarkistetaan kondensaattorien nykykunto. Mittaustapoina ovat verkonlaadun mittaus sekä kondensaattoreille kapasitanssimittaus.

Uuden tehtaan kuormana on taajuusmuuttaja ohjattuja moottoreita, muutamia suorakäyttöisiä moottoreita, lämpövastuksia sekä sekalaista pistorasiakuormaa kuten tietokoneita ja käsityökaluja. Vanhalla tehtaalla kuormana on loisteputkivalaisimia, paljon lämpövastuksia, suorakäyttöisiä moottoreita, taajuusmuuttaja ohjattuja moottoreita ja sekalaista pistorasiakuormaa.

Pääkeskus sijaitsee muuntamorakennuksessa, uuden tehtaan keskukset sijaitsevat uudessa tehtaassa ja nousukeskukset sekä valaisinpääkeskus sijaitsevat vanhassa tehtaassa. LIITE 1.

2 LOISTEHO

2.1 Mitä loisteho on?

Kun sähkölaitteina on suuria määriä loistevalaisimia tai elektronisia laitteita törmätään loisteho-käsitteeseen. Kun mitoitetaan vähänkin suurempaa moottoria tai muuntajaa, eli kun tarvitaan paljon virtaa, pitää myös johtimien mitoituksessa ottaa loistehokin huomioon. Myös kotitalouksissa käytetään loistehoa, kuitenkin käytettävät määrät ovat yleensä niin pieniä, ettei kotitalouksien loistehoon tarvitse kiinnittää huomiota. /1/

Yhteys teho (W) = jännite (V) x virta (A) ei enää pidä paikkaansa kun sähkölaite tarvitsee loistehoa, vaan virta on suurempi kuin täten laskemalla. Tämä virran suureneminen johtuu juuri loistehosta. Tällöin kyseessä on näennäisteho, joka on nimitys jännitteen (V) x virta (A) tulosta, jonka yksikkönä on voltiampeeri (VA)./1/

2.1.1 Loistehon syntyminen

Laitteet, jotka ovat kytketty verkkoon, aiheuttavat vaihekulman virran ja jännitteen välille. Mikäli virrassa on vaihesiirto, vaatii se enemmän virtaa tuottaakseen saman määrän pätötehoa./8/

Sähköä tuottavat generaattorit, kuten myös sähköjohdot on mitoitettava niin, että loistehosta johtuva ylimääräinen virta saadaan siirretyksi ja tuotetuksi, vaikka loistehon synnyttämiseen ei tarvita energiaa. Loisteho hukkaa energiaa siksi, että virta, jota loisteho synnyttää, aiheuttaa häviöitä niin johdoissa kuin myös muissa laitteissa./1/

Loisteho on hukkaenergiaa myös siinä mielessä, ettei se pysty tuottamaan lämpöä tai valoa tai pyörittämään moottoria, eli loisteho ei pysty tekemään työtä. Lämmön, valon ja moottorin pyörittämiseen vaaditaan sitä sähkötehoa, jonka synnyttämiseen on käytetty energiaa esimerkiksi lämpövoimaa ja vesivoimaa. Tätä sähkölaitteen käyttämää sähkötehon osaa nimitetään pätötehoksi./1/

2.1.2 Loistehon tuottaminen ja välttäminen

Loistehokin on kuitenkin synnyttävä jossakin. Voimalaitosten generaattorit voivat synnyttää sen, mutta siirtohäviöiden välttämiseksi pyritään se pääosin synnyttämään lähellä suuria kulutuskohteita. Tähän tarkoitukseen käytetään yleensä paikallisia kondensaattoriparistoja. Näiden kondensaattoriparistojen käyttäminen perustuu siihen, että kondensaattori tarvitsee kapasitiivista loistehoa. Tämä myös kasvattaa johdoissa kulkevaa virtaa. Yleisimmät loistehoa tarvitsevat sähkölaitteet, kuten loistelamput, elektroniikka, moottorit ja taajuusmuuttajat, tarvitsevat induktiivista loistehoa. Fysiikan mukaan kapasitiivinen loisteho kumoaa induktiivisen loistehon. Mikäli kondensaattoriparisto on oikein mitoitettu, huomioiden kulutuskohteen tarvitsema induktiivinen loisteho, ei kohteeseen tarvitse siirtää lainkaan loistehoa./1/

3 KOMPENSOINTI

3.1 Kompensoinnin etuja

Kompensoinnilla on mahdollista saavuttaa useita eri etuja. Perimmäiset syyt kompensoinnin toteuttamiselle ovat useimmiten taloudelliset edut, sähköverkon laadun parantaminen ja liittymän kapasiteetin kasvattaminen. Nämä kaikki saadaan kompensoinnilla./2/

3.1.1 Taloudelliset edut

Yleisesti energialaitokset laskuttavat uudistuneen käytännön mukaisesti yleis-, aika- ja kausisähkötariffien 3x160A ja suurempien sähköliittymien suurjänniteteho- ja pienjännitetehosiirtotariffien perusteella loistehomaksun sähkön siirtomaksukomponenttina. Esimerkiksi Pori Energian hinnoitteluun (1/2013) mukaan loistehomaksu on 3,53 euroa + (verkkoyhtiön perimä sähkövero)/kvar/kk./2;6/

Perusteena loistehomaksulle on kuukausittainen loistehohuippu. Tästä vähennetään 20% ilmaisosuus saman kuukauden pätötehoaiipun määräästä. Käyttökokemuksien mukaan kompensointikondensaattorien yleinen asennuksien kustannuksien takaisinmaksuaika on puolesta vuodesta vuoteen./2/

3.1.2 Liittymän kapasiteetin lisääntyminen

Kun energialaitoksen jakeluverkkoon liittyvä kiinteistö liittyy verkkoon 400V liittjänä, perustuu liityntä huipputehoon ja huipputehoon perustuvaan virtaan. Usein suurentunut sähkönkäyttötarve johtaa siihen, että joudutaan suurentamaan liityntäluokkaa. Tällöin suurentamisen kohteina ovat useimmiten liityntäjohtokaapeli ja suurempi sähköpääkeskus. Kompensointikondensaattorin hankkimisella on mahdollista saada lisäkapasiteettia niin, että suurentumistarve siirtyy useilla vuosilla

eteenpäin tai jopa kokonaan poistuu. Kyseisen investoinnin toinen etu liittyy siihen, että useimmiten kompensointimaksut pienenevät tai jopa poistuvat kokonaan./2/

3.1.3 Kompensointi lisää verkon siirtokapasiteettia

Näennäistehosta lasketaan kuorman ottama virta, jolloin myös loisteho vaikuttaa kokonaisvirtaan. Kokonaisvirta saadaan näennäistehosta kaavalla:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U}$$

I =kokonaisvirta

S =näennäisteho

U =pääjännite

Kun loiskomponentti poistuu kompensoinnin ansiosta kuormitusvirrasta, verkon pätötehon siirtokapasiteetti kasvaa. Tämä hyöty, joka saavutetaan kompensoinnilla, liittyy edelliseen kappaleeseen, liittymän kapasiteetin lisääntyminen, mutta erityisesti kiinteistön sisäverkkoon./2/

3.1.4 Yliaaltosuodatus pienentää säröä

On mahdollista valita yliaaltosuodattimella varustettu kompensointikondensaattoriparisto verkon kompensointikondensaattoriksi. Tämä suodattaa verkon yliaaltoja, joka johtaa verkon sähkön laadun paranemiseen. Myös jännitesärö pienenee, jolloin todennäköisyys häiriöiden ja vaurioiden esiintymiseen kuluttajakojeissa pienenee. Myös eri verkkokomponenttien häviöt pienenevät. Näiden hyötyjen muuttaminen takaisinmaksuajaksi on tapauskohtaista. Tietyissä verkoissa häiriöttömän käytön edellytyksenä ovat yliaaltosuodattimet./2/

3.2 Kompensointitavat

Kompensointitapoja on erilaisia. Yleisimmät kompensointitavat ovat laitekohtainen kompensointi, ryhmäkompensointi ja keskitetty kompensointi yliaaltoverkossa. Kompensointi valitaan käyttökohteen mukaan sopivimmaksi./3/

3.2.1 Laitekohtainen kompensointi

Loistelamppuvalaisimet ovat usein varustettu elektronisilla kuristimilla, joiden $\cos \varphi=0,98$. Mikäli valaisin (korkeapaine purkauslamppuvalaisin tai loistelamppuvalaisin) on varustettu mekaanisella kuristimella, on mahdollista kompensoida erillisellä kompensointikondensaattorilla niin, että $\cos \varphi=0,9$. Ilman kompensointia olevan purkauslamppuvalaisimen $\cos \varphi=0,5$. Moottorit on mahdollista kompensoida moottorikohtaisilla kompensoinneilla. Mikäli kompensoidaan moottorikohtaisesti, on kondensaattorin teho valittava niin, ettei tehokertoimen $\cos \varphi=0,99$ arvoa ylitetä. Lämpöreleen asettelussa on huomioitava kompensoinnin virtaa pienentävä vaikutus./3/

3.2.2 Ryhmäkompensointi

Keskitetty kompensointi sijoitetaan teollisuuslaitoksen tai kiinteistön pää- tai ryhmäkeskukseen tai myös molempiin. Kompensoinnin suorittamiseen on erilaisia vaihtoehtoja. Yleisimpiä vaihtoehtoja ovat loistehosäätimillä varustetut automaatiikkaparistot, estokelaparistot tai yliaaltosuodattimet. Yleisesti keskitetyt kompensointilaitteet ovat kolmevaiheisia. Ohjausyksikkö keskitetyssä kompensointilaitteistossa voi olla jopa 12-portainen. Sillä saadaan kompensointiyksikön koko kaksinkertaistettua. Huomioitavaa keskitetyn kompensointiyksikön asennuksessa on se, että ohjausyksikön virtatieto ja jännitetieto otetaan samalta vaiheelta laitteiston oikean toiminnan kannalta./4/

3.2.3 Keskitetty kompensointi

Verkon kannalta yliaaltolähteitä ovat kuormat, joiden ottama virta ei ole sinimuotoista. Yleisimpiä tällaisia kuormittajia ovat tasasuuntaajat, taajuusmuuttaja, UPS-laitteet, valokaariuunit, purkausvalaisimet, tietokoneet ja sähkösuodattimet. Kuormitusvirta, joka poikkeaa sinimuodosta, koostuu perustaaajuudesta virrasta sekä harmonisista yliaaltovirroista, jotka ovat perustaaajuuden kerrannaisia./4/

Sähköverkossa yliaalloilla on useita haittavaikutuksia, muun muassa virran tehollisarvon kasvusta johtuvat lisähäviöt, lämpeneminen, häiriöiden siirtyminen data- ja televerkkoihin, erilaiset mitta- ja suojalaitteiden toiminta häiriöt sekä nollajohtimen ja nollakiskon ylikuormitus, kompensointikondensaattorin kanssa syntyvä resonanssiavaara jännitesärön kasvu sekä moottorin mekaaninen värähtely./4/

3.3 Kompensointi- ja verkkokäskyohjauslaitteet

Verkkokäskyohjauslaitteet sekä kaukoluenta- ja kauko-ohjausjärjestelmät, joita verkkoyhtiöt nykyisin käyttävät, asettavat omia vaatimuksia kompensointilaitteiden valinnalle. On hyvä varmistaa sähkön siirtävältä energialaitokselta, onko sillä omia ohjeita tai määräyksiä kompensointiin liittyen kompensointilaitteita valitessa./4/

3.3.1 Automatiikkaparisto

Loistehosäädin ohjaa kondensaattoriportaita, jotka muodostavat automatiikkapariston. Kondensaattoriportaat tuottavat verkossa tarvittavan loistehon. Porras sisältää kondensaattoriyksikön, kontaktorin ja sulakkeen. Loistehosäädin tarkkailee virran ja jännitteen vaihekulmaa. Säätimeen asennetut havahtumisrajojen alittuessa tai ylittyessä säädin kytkee pariston portaita päälle ja pois, pitäen näin loistehon halutussa arvossa./7;10/

Silloin kun sähköverkossa ei esiinny yliaaltoja tulee kysymykseen automatiikkaparisto. Verkko ja automatiikkaparisto voivat muodostaa resonanssin, tällöin on vaarana, että yliaallot voivat vahvistua jopa 20-kertaisiksi.

Yliaaltosuodattimia ja estokelaparistoja käytettäessä vahvistuminen ei ole mahdollista./5/

3.3.2 Estokelaparisto

Yleisesti estokelaparisto on syrjäyttänyt automatiikkapariston kompensoinnin perusratkaisuna yliaaltojen lisääntyessä. Estokelaparisto muodostuu kolmesta kolmioon kytketystä kondensaattorista. Lisäksi jokaiseen vaiheeseen lisätään kela, tämä estää yliaaltotaajuuksien resonanssin. Estokelaparisto on toiminnaltaan kuten automatiikkaparisto./5/

3.3.3 Yliaaltosuodatin

Kondensaattoriyksikön kanssa sarjaan kytketystä kuristimesta käytetään nimeä yliaaltosuodatin. Halutun kompensointitehon mukaan mitoitetaan kondensaattorien perustaajuudella tuottama loisteho. Kuristimen induktanssi on valittava niin, että se ja kondensaattori muodostavat suodatettavalla yliaaltotaajuudella impedanssiltaan hyvin pienen sarjaresonanssipiirin. Tämän ansiosta suodattimeen päätyy suurin osa harmonisista yliaalloista. Yleisimmin yliaaltosuodatin koostuu kolmesta sarjaresonanssipiiristä. Nämä sarjaresonanssipiirit on viritetty yleisimmille yliaaltotaajuuksille. /5;8/

3.3.4 Kolmannen yliaallon suodin

Yleisimpiä kolmannen yliaallon tuottajia ovat tietokoneet ja purkausvalaisimet. Kolmatta yliaaltoa voidaan suodattaa normaalin imupiiri-tyyppisen suodattimen lisäksi suoraan nollajohtimeen asennettavalla estopiirillä. Tällöin yliaaltovirta näkee nollajohtimessa impedanssin, joka rajoittaa yliaaltovirran amplitudia. Kolmannen yliaallon suodattimen kuristimen induktanssi on valittu siten, että suodatin tekee matalaimpedanssisen sarjaresonanssin juuri kolmannelle yliaallolle. Tästä johtuen suurin osa kolmannelle yliaallosta jää suodattimeen./5;8/

4 MITTAUKSET

4.1 Mittauspäivän valinta

Mittauspäiväksi valittiin päivä, jolloin kuormituksen ajateltiin olevan mahdollisimman normaali, jotta tulokset vastaisivat normaalia käyttöä mahdollisimman tarkasti.

4.2 Käytetyt mittaustekniikat

Mittaustekniikkoina käytettiin verkon laadun mittausta ja kapasitanssimittausta. Verkon laatu mitattiin muuntamalla koko päivän tallentavalla mittalaitteella ja nousukeskuksilla yksivaiheisella mittalaitteella. Kapasitanssi mitattiin kapasitanssimittarilla.

4.2.1 Verkon laadun mittaus

Koko päivän kestävä mittaus tehtiin Topas 2000-laitteella. Mittalaite on tarkoitettu sähkölaadun analysointiin sekä yhdenmukaisuustestaukseen. Laitteella on tarkoitus suorittaa juuri teollisuuden pien- ja keskijänniteverkkojen analysointi. Laitteen raja-arvot, mittaasetukset ja algoritmit voidaan asettaa jokaiselle mittaukselle halutunlaiseksi. Mittauksen ansiosta saimme tarkan kuvan koko päivän verkon kuormituksesta ja verkon vaihtelusta. /9/

Nousukeskuksilla käytettiin Fluke 41- mittalaitetta. Mittalaite on tarkoitettu kolmivaiheisen järjestelmän testaukseen. Laitteella voi mitata reaaliaikaista sähkönkulutusta. Mittaukset suoritettiin asentamalla virtapihti ja jänniteosoin saman vaiheen johtimeen. Tulokset otettiin kun kondensaattoriparisto oli päällä ja kun kondensaattoriparisto oli pois päältä. Mittaustulokset otettiin parhaiten saatavilla olevasta vaiheesta. /9/

4.2.2 Kapasitanssimittaus

Kapasitanssi mitattiin kapasitanssin mittaukseen tarkoitettulla CHY 15-laitteella. Mittalaitteella voidaan mitata kapasitanssia 200pF-20mF välillä. Kapasitanssin mittaus aloitetaan sammuttamalla kondensaattoriparisto. Tämän jälkeen varmistetaan, että varaus on purkautunut. Seuraavaksi mitataan kondensaattoripariston kapasitanssi jokaisen vaiheen väliltä ja verrataan uuden pariston arvoihin. Sallittu arvon pudotus valmistajan mukaan on 10%. Jos kondensaattoriparisto alittaa tämän arvon, todetaan se vaihdettavaksi./9/

4.3 Pääkeskus

Pääkeskuksessa mitattiin kondensaattoripariston kunto kapasitanssimittauksella sekä pidempiaikainen mittaus, jolla havaitaan pidempiaikaiset muutokset verkon tilassa. Pääkeskuksen olemassa oleva kompensointi on toteutettu vuoden 1999 automaattikompensatorilla.



Kuva 1. Pääkeskuksen toisen pariston kondensaattorit

4.3.1 Kilpiarvot

Taulukko 1. Pääkeskuksen ensimmäisen pariston kilpiarvot

Pääkeskus		
Paristo1	6Sx300	
Nimellisteho	300	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	433	A
Oikosulkuvirta 1s	25	kA
KytKentä	D	
Purkautumisaika (50V)	60	s
Lämpöalue	-5/+40	C
Eristystaso (IEC 831)	3/15	kV
Sarja	EN60439-1	
No	*F9900062*	

Taulukko 2. Pääkeskuksen toisen pariston kilpiarvot

Pääkeskus		
Paristo2	6Sx300	
Nimellisteho	300	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	433	A
Oikosulkuvirta 1s	25	kA
KytKentä	D	
Purkautumisaika (50V)	60	s
Lämpöalue	-5/+40	C
Eristystaso (IEC 831)	3/15	kV
Sarja	EN60439-1	
No	*F9900062*	

4.3.2 Mitatut arvot

Kondensaattoripariston tiedot ja mitatut kondensaattoriparistojen arvot.

Taulukko 3. Kondensaattoripariston tiedot pääkeskuksella.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
PKVoima	150/5A	600	12x50
Paristo	6SX300+6SX300	Pariston sarjanro	F9900062
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
A12	K9813640	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
2xMCMK3x185+95+		3x630/630A+ 3x630/630A	
2xMCMK3x185+95			

Taulukko 4. Mitatut kondensaattorin arvot pääkeskuksella.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/ μ F	L1-L2/ μ F	L1-L3/ μ F	L2-L3/ μ F	
1		FL2D	50	400	497	320	296	375	Rikki
2	C9901182	SCDX	50	400	497	177	223	187	Rikki
3	C9901181	SCDX	50	400	497	259	334	391	Rikki
4		FL2D	50	400	497	213	252	233	Rikki
5		FL2D	50	400	497	175	254	246	Rikki
6		FL2D	50	400	497	193	175	183	Rikki
7	C9901189	SCDX	50	400	497	343	430	373	Rikki
8	C9901188	SCDX	50	400	497	172	245	170	Rikki
9		FL2D	50	400	497	121	225	123	Rikki
10		FL2D	50	400	497	242	299	302	Rikki
11		FL2D	50	400	497	212	260	215	Rikki
12	C9901190	SCDX	50	400	497	269	310	312	Rikki

Kaikki kondensaattorit ovat vaihtokunnossa. Mitatut kapasitanssiarvot olivat todella kaukana nimellisarvoista. Sallittu kapasitanssi arvon pudotus on 10%, mutta mittauksissa kävi ilmi, että kapasitanssi on pudonnut reilusti enemmän.

4.4 Uuden tehtaan pääkeskus

Uudella tehtaalla suoritettiin yksivaiheisena verkon laadun mittaus niin uuden tehtaan voima että – valaisin puolelle. Mittaukset otettiin vaiheelta yksi. Kondensaattorit tarkistettiin kapasitanssimittauksella. Kompensointi on toteutettu kondensaattorilla ja säätimellä, jotka ovat vuodelta 1975.



Kuva 2. Uuden tehtaan pääkeskus

4.4.1 Kilpiarvot

Taulukko 5. Uuden tehtaan pääkeskuksen voimapuolen kilpiarvot.

UTPKVoima	6 ADIA	
Nimellisteho	300	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	433	A
No	75/00285	
	3 ADIA	
Nimellisteho	150	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	217	A
No	75/00286	

Taulukko 6. Uuden tehtaan pääkeskuksen valaisinpuolen kilpiarvot.

UTPKValo	4 ADIA	
Nimellisteho	200	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	289	A
No	75/00285	

4.4.2 Mitatut arvot

Kondensaattoripariston tiedot ja mitatut kondensaattoriparistojen arvot.

Taulukko 7. Kondensaattoripariston tiedot uuden tehtaan pääkeskuksen voimapuolella.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
PKUTVoima		450	50+4x100
Paristo	6ADIA+3ADIA	Pariston sarjanro	75/00285+75/00286
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
S062A	75019	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
2xMMK3x150+70+ 2xMMK3x95+50		3x500/630A+ 3x400/630A	

Taulukko 8. Kondensaattoripariston tiedot uuden tehtaan pääkeskuksen valaisinpuolella.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
PKUTValo		200	4x50
Paristo	4 ADIA	Pariston sarjanro	78/00284
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
S062A	75023	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
2xMMK3x95+50		3x500/630A	

Taulukko 9. Mitatut kondensaattorin arvot uuden tehtaan pääkeskuksen voimapuolella.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/ μ F	L1-L2/ μ F	L1-L3/ μ F	L2-L3/ μ F	
1		ADK	50	400	497	496	496	496	OK
2		ADK	50	400	497	498	496	498	OK
2		ADK	50	400	497	496	496	496	OK
3		ADK	50	400	497	495	492	494	OK
3		ADK	50	400	497	495	496	496	OK
4		ADK	50	400	497	496	496	497	OK
4		ADK	50	400	497	494	494	494	OK
5		ADK	50	400	497	498	497	498	OK
5	83/04435	ADK	50	400	497	498	498	498	OK

Taulukko 10. Mitatut kondensaattorin arvot uuden tehtaan pääkeskuksen valaisinpuolella.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/ μ F	L1-L2/ μ F	L1-L3/ μ F	L2-L3/ μ F	
1		ADK	50	400	497	494	494	495	OK
2		ADK	50	400	497	490	490	489	OK
3	83/04382	ADK	50	400	497	496	496	495	OK
4	83/04383	ADK	50	400	497	496	497	497	OK

Kaikki kondensaattorit olivat kunnossa ja säätimet toimivat oikein. Kuitenkin voimapuolen 2.portaan kontaktorit olivat jumissa. Nämä vaihtamalla paristo on täysin toimiva.

Valaisinpuolen kondensaattorit otetaan pois käytöstä, koska uuden tehtaan valaisimet on vaihdettu laitekohtaisesti kompensoituihin valaisimiin.

Taulukko 11. Verkontila ilman kompensointia uuden tehtaan pääkeskuksen voimapuolella.

PKUTVoi	Ilman kompensointia	
Taajuus	49,94	
KW	79,1	
KVA	98,2	
KVAR	57,2	
Peak KW	179,3	
	Jännite	Virta
RMS	232,6	422,3
Peak	336,6	665,4
THD R	2,13	11,25
THD F	2,13	11,32

Taulukko 12. Verkontila 200kvarin kompensoinnilla uuden tehtaan pääkeskuksen voimapuolella.

PKUTVoi	Kompensointi 200kvar	
Taajuus	49,99	
KW	80,8	
KVA	83,4	
KVAR	11	
Peak KW	186,2	
	Jännite	Virta
RMS	235,2	354,8
Peak	340,8	573,3
THD R	2,78	19,74
THD F	2,78	20,13

Paristot saavat loiskuorman kompensoitua. 11kvarin loisteho johtuu suurista portaista, joten seuraava porras ei kytkeydy näin vähäisellä loisteholla.

Taulukko 13. Verkontila ilman kompensointia uuden tehtaan pääkeskuksen valaisinpuolella.

PKUTVal	Ilman kompensointia	
Taajuus	50,07	
KW	37,3	
KVA	38	
KVAR	6,5	
Peak KW	81	
	Jännite	Virta
RMS	233,8	162,4
Peak	340,6	236,1
THD R	3,2	7,93
THD F	3,2	7,95

Kompensoitua tilannetta ei mitattu. Sillä oli selvää, ettei loistehoa juuri ole, eikä sitä enää kompensoitaisi.

4.5 Nousukeskus 6

Nousukeskus 6:lla mittaukset suoritettiin yksivaiheisena vaiheelta kolme. Kondensaattorit mitattiin kapasitanssimittauksella. Olemassa oleva kompensointi on toteutettu vuoden 1999 automatiikkaparistoilla.

4.5.1 Kilpiarvot

Taulukko 14. Nousukeskus 6:n kilpiarvot.

NK6	HX5S275	
Nimellisteho	275	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	397	A
Oikosulkuvirta 1s	25	kA
KytKentä	D	
Purkautumisaika (50V)	60	s
Lämpöalue	-5/+40	C
Eristystaso (IEC 831)	3/15	kV
Sarja	EN60439-1	
No	*F9900061*	

4.5.2 Mitatut arvot

Kondensaattoripariston tiedot ja mitatut kondensaattoriparistojen arvot.

Taulukko 15. Kondensaattoripariston tiedot nousukeskuksella 6.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
NK6	750/5A	275	25+5x50
Paristo	HX5S275	Pariston sarjanro	F9900061
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
A12	K9813639	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
XMK4x300		3x630/630A	

Taulukko 16. Mitatut kondensaattorin arvot nousukeskuksella 6.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/ μ F	L1-L2/ μ F	L1-L3/ μ F	L2-L3/ μ F	
1	C99001165	HCDX	25	400	249	239	241	236	OK
2	C99001174	SCDX	50	400	497	421	459	430	Rikki
3	C99001175	SCDX	50	400	497	350	441	436	Rikki
4	C99001176	SCDX	50	400	497	402	282	391	Rikki
5	C99001177	SCDX	50	400	497	250	360	315	Rikki
6	C99001178	SCDX	50	400	497	178	177	236	Rikki

Vain HCDX-tyypin kondensaattori on kunnossa, loput kondensaattorit on syytä vaihtaa koska kapasitanssin arvo on laskenut alle sallitun arvon. Osassa pariston arvo on lähellä sallittua kapasitanssin alenemaa, mutta koska lähes kaikki kondensaattorit vaihdetaan, on syytä vaihtaa myös 10% rajalla olevat kondensaattorit.

Taulukko 17. Verkontila ilman kompensointia nousukeskuksella 6.

NK6	Ilman kompensointia	
Taajuus	50	
KW	74,6	
KVA	104,3	
KVAR	72,8	
Peak KW	186	
	Jännite	Virta
RMS	233,2	447,2
Peak	337,8	631,8
THD R	2,41	1,9
THD F	2,41	1,9

Taulukko 18. Verkontila 275kvarin kompensoinnilla nousukeskuksella 6.

NK6	Kompensointi 275kvar	
Taajuus	49,99	
KW	57,8	
KVA	58,4	
KVAR	4,3	
Peak KW	129	
	Jännite	Virta
RMS	237,4	245,9
Peak	346	379,7
THD R	2,97	12,94
THD F	2,97	13,05

Vaikka lähes jokainen kondensaattori on vaihtokunnossa, onnistui kompensoiminen nykyisellä kuormalla. Kaikki portaat olivat käytössä eikä reserviä enää ollut. Säätimessä oli hälytys 1 päällä, joten säädin olisi halunnut lisää kompensointia, mutta koska portaita ei ollut vapaana, oli hälytys tullut.

4.6 Valaisinpääkeskus

Valaisinpääkeskuksella mittaukset suoritettiin yksivaiheisena vaiheelta yksi. Kondensaattorit mitattiin kapasitanssimittauksella. Olemassa oleva kompensointi on toteutettu vuoden 1999 automatiikkaparistoilla.

4.6.1 Kilpiarvot

Taulukko 19. Valaisinpääkeskuksen kilpiarvot.

VPK	2HX2S150	
Nimellisteho	150	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	217	A
Oikosulkuvirta 1s	25	kA
KytKentä	D	
Purkautumisaika (50V)	60	s
Lämpöalue	-5/+40	C
Eristystaso (IEC 831)	3/15	kV
Sarja	EN60439-1	
No	*F9900059*	

4.6.2 Mitatut arvot

Kondensaattoripariston tiedot ja mitatut kondensaattoriparistojen arvot.

Taulukko 20. Kondensaattoripariston tiedot valaisinpääkeskuksella.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
VPK	600/5A	150	2x25+2x50
Paristo	2HX2S150	Pariston sarjanro	F9900059
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
A12	K9813679	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
MCMK3x70+35+			
MCMK3x70+35		3x160/250A+ 3x160/250A	

Taulukko 21. Mitatut kondensaattorin arvot valaisinpääkeskuksella.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/μF	L1-L2/μF	L1-L3/μF	L2-L3/μF	
1	C9901167	HCDX	25	400	249	242	243	243	OK
2	C9901166	HCDX	25	400	249	245	245	244	OK
3	C9901180	SCDX	50	400	497	468	469	462	OK
4	C9901179	SCDX	50	400	497	487	487	483	OK

Valaisinpääkeskuksella kaikki on kunnossa. Ei ole tarvetta muutoksille. Kaikkien kondensaattorien kapasitanssin arvon on sallitun 10% sisällä.

Taulukko 22. Verkontila ilman kompensointia valaisinpääkeskuksella.

VPK	Ilman kompensointia	
Taajuus	49,94	
KW	48,3	
KVA	61,8	
KVAR	36,8	
Peak KW	97,8	
	Jännite	Virta
RMS	229,6	269,1
Peak	340,4	385,5
THD R	4,8	18,1
THD F	4,8	18,41

Taulukko 23. Verkontila 125kvarin kompensoinnilla valaisinpääkeskuksella.

VPK	Kompensointi 125kvar	
Taajuus	49,99	
KW	50,1	
KVA	52,3	
KVAR	1,8	
Peak KW	109,5	
	Jännite	Virta
RMS	233,9	223,4
Peak	342,3	320,4
THD R	5,04	26,29
THD F	5,05	27,25

Valaisinpääkeskuksella kompensointi on kunnossa ja portaita oli vapaana.

4.7 Nousukeskus 7

Nousukeskuksella 7 mittaukset suoritettiin yksivaiheisena vaiheelta kolme. Kondensaattorit mitattiin kapasitanssimittauksella. Olemassa oleva kompensointi on toteutettu vuoden 1999 automatiikkaparistoilla.

4.7.1 Kilpiarvot

Taulukko 24. Nousukeskus 7:n kilpiarvot.

NK7	HX5S275	
Nimellisteho	275	kvar
Nimellisjännite	400	V
Taajuus	50	Hz
Nimellisvirta	397	A
Oikosulkuvirta 1s	25	kA
KytKentä	D	
Purkautumisaika (50V)	60	s
Lämpöalue	-5/+40	C
Eristystaso (IEC 831)	3/15	kV
Sarja	EN60439-1	
No	*F9900060*	

4.7.2 Mitatut arvot

Kondensaattoripariston tiedot ja mitatut kondensaattoriparistojen arvot.

Taulukko 25. Kondensaattoripariston tiedot nousukeskuksella 7.

Keskus	Virtamuuntaja	Komp.teho/kvar	Portaat
NK7	750/7A	275	25+5x50
Paristo	HX5S275	Pariston sarjanro	F9900060
Säätimentyyppi	Säätimen sarjanro	Porr.tapa	
A12	K9813642	N	
Kompensoinnin kaapeli		Kompensoinnin sulakkeet	
XMk4x300		3x360/360A	

Taulukko 26. Mitatut kondensaattorin arvot nousukeskuksella 7.

Porras	Kond.yks. nro	Tyyppi	Nimellisarvot			Mitattu kapasitanssi			Kunto
			Q/kVAr	U/V	CN/ μ F	L1-L2/ μ F	L1-L3/ μ F	L2-L3/ μ F	
1	C9901164	HCDX	25	400	249	245	245	245	OK
2	C9901169	SCDX	50	400	497	489	489	487	OK
3	C9901170	SCDX	50	400	497	488	486	488	OK
4	C9901171	SCDX	50	400	497	486	483	481	OK
5	C9901172	SCDX	50	400	497	487	488	481	OK
6	C9901173	SCDX	50	400	497	496	495	495	OK

Nousukeskuksella 7 on kaikki kunnossa. Muutoksille ei tarvetta. Kaikkien kondensaattorien kapasitanssin arvo on sallitun rajan sisällä.

Taulukko 27. Verkontila ilman kompensointia nousukeskuksella 7.

NK7	Ilman Kompensointia	
Taajuus	49,99	
KW	59,8	
KVA	70,5	
KVAR	37,7	
Peak KW	140,4	
	Jännite	Virta
RMS	231,5	304,4
Peak	334,5	433,5
THD R	2,22	2,99
THD F	2,22	2,99

Taulukko 28. Verkontila 100kvarin kompensoinnilla nousukeskuksella 7.

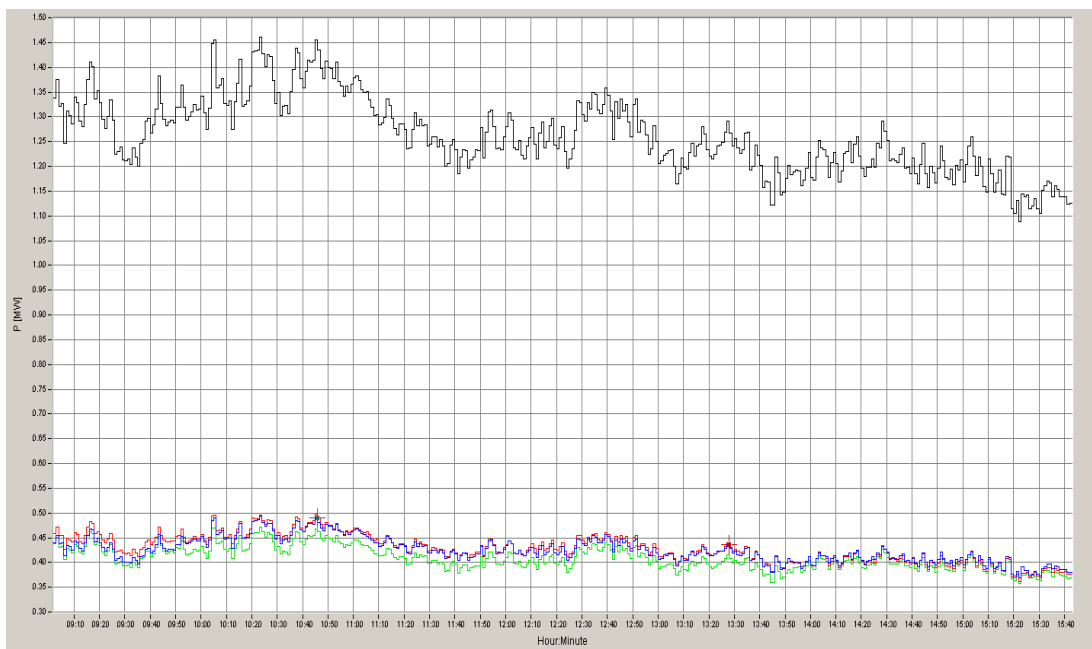
NK7	Kompensointi 100kvar	
Taajuus	49,94	
KW	70,8	
KVA	70,9	
KVAR	2,6	
Peak KW	153,9	
	Jännite	Virta
RMS	233,8	303,1
Peak	338,8	451,2
THD R	2,55	5,41
THD F	2,55	5,41

Nousukeskuksella 7 kaikki on kunnossa. Kompensointi onnistui ja portaita oli vapaana.

4.8 Koko päivän mittaus

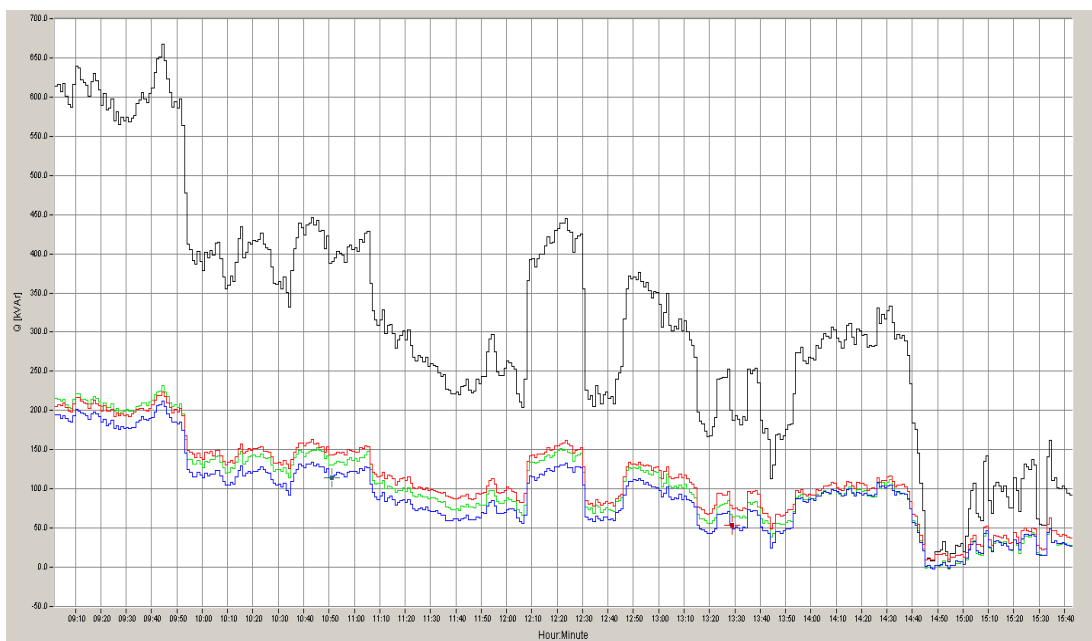
Koko päivän nauhoittavan Topas-mittalaitteen tulokset. Värilliset arvot ovat jokaiselta vaiheelta ja musta on kaikkien vaiheiden summa arvo.

Kuormitus pysyi hyvin samanlaisena koko päivän ajan, suuria muutoksia ei ollut havaittavissa, joten mittauspäivän valinta oli onnistunut ja tulokset kuvastavat tehtaan normaalia kulutusta.



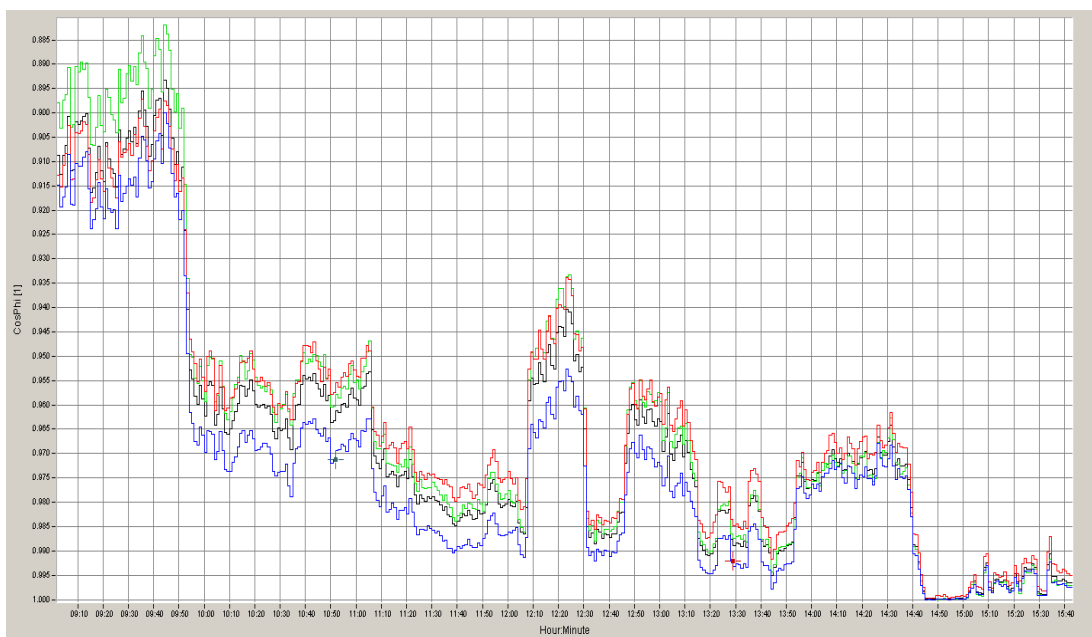
Kuva 3. Pätöteho (kW)

Loistehon mittausten kuvaajassa näkyy hyvin milloin kondensaattoriparisto on sammutettu, silloin loistehon arvo on noussut.



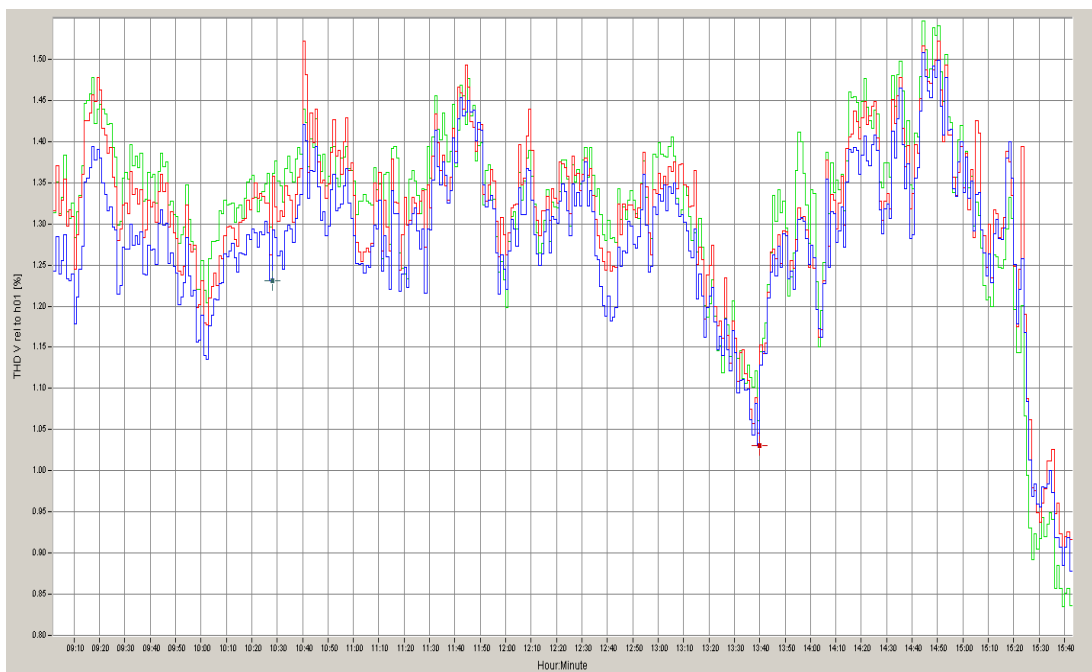
Kuva 4. Loisteho (kvar)

Kosini fii oli huono mittausten aikana, koska mittauksia tehdessä otettiin kondensaattori pois päältä. Kuitenkin päivän lopussa voi huomata kosini fiin olevan lähellä yhtä, mikä on haluttu tilanne.

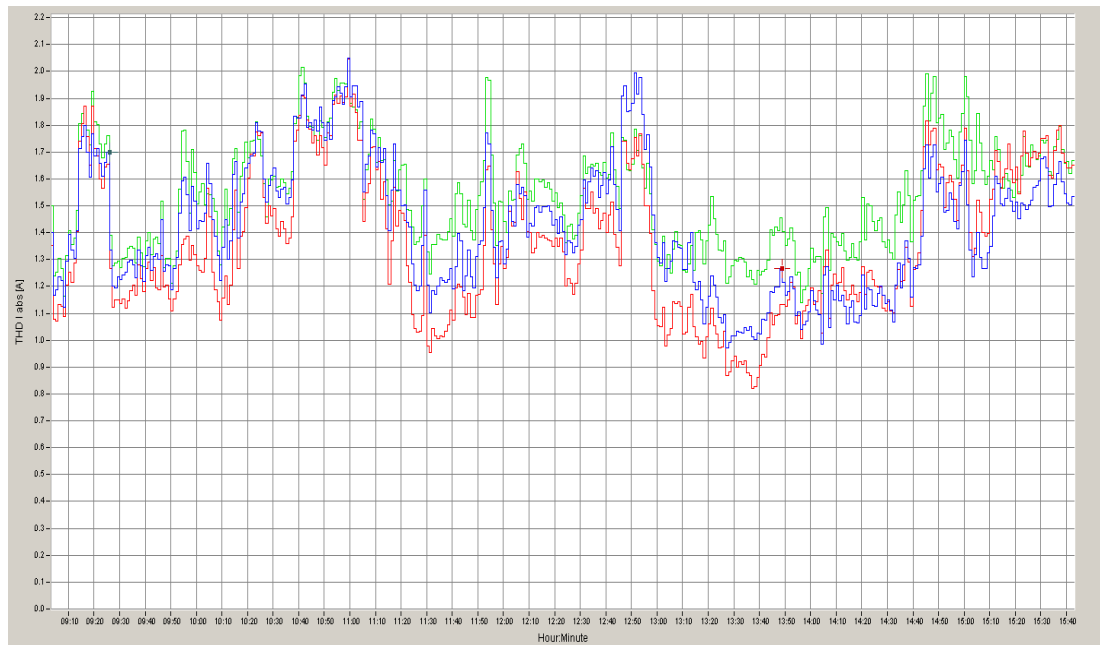


Kuva 5. Cosφ

Jännite- ja virtasäro kiinnostivat siksi, että tiedetään tarvitaanko kompensointilaitteisiin lisätä yliaalto- tai kolmannen yliaallon suodattimia.



Kuva 6. Jännitteen kokonaissäro



Kuva 7. Virran kokonaissärö

Tulosten perusteella nähdään, ettei säröä ole paljon. Mikäli säröstä muodostuisi ongelma, lisäisin suodattimen nousukeskus 6:lle, koska siellä on eniten kuormaa joka aiheuttaa säröä.

5 JOHTOPÄÄTELMÄT

Mittaukset olivat aiheellisia ja mittauksista voi helposti havaita, että osa kondensaattoreista on vaihtokunnossa. Mittauspäivän valinta oli onnistunut ja kuormitus vastasi normaalia käyttöä. Mittaukset saatiin toteutettua onnistuneesti, eikä suurempia ongelmia tai puutteita havaittu.

Mittaustuloksista voi helposti nähdä, että kaikki muuntamon kondensaattorit olivat vaihtokunnossa. Kaikkien kondensaattorien kapasitanssiarvo oli pudonnut alle valmistajan salliman arvon. Tämän vuoksi muuntamon pääkeskuksen automatiikkapariston kannattaa korvata nykyaikaisilla estokelaparistoilla. Tällöin saavutetaan haluttu kompensoinnin taso, sekä estetään mahdolliset yliaallot, vaikka yliaaltoja ei mittauksissa juurikaan havaittu. Hinta ero uuden estokelapariston ja täysin uusittavan vanhan automatiikkapariston välillä on hyvin pieni, joten myös siksi estokelaparisto on luonteva valinta.

Uuden tehtaan pääkeskuksen mittauksissa kävi ilmi, että kaikki kondensaattorit olivat kunnossa. Säätimet toimivat oikein ja kapasitanssi ei ollut tippunut juurikaan alkuperäisistä arvoista. Uuden tehtaan kondensaattoreille en tekisi muuta kuin vaihtaisin rikkoutuneet kontaktorit. Uuden tehtaan valaisinpääkeskus otetaan pois käytöstä, koska valaisimet on vaihdettu laitekohtaisesti kompensoituihin valaisimiin, mutta kondensaattorit jätetään tilaan.

Vanhan tehtaan puolella kapasitanssin alenemaa oli vain nousukeskuksella 6, joten ne korjaisin, mutta jättäisin automatiikkaparistoksi. Etäisyys muuntamon mahdollisista estokelaparistoista on riittävä, joten resonanssivaara jää pieneksi. Muut vanhan tehtaan kondensaattorit olivat kunnossa, joten vanhan tehtaan muutokset olisivat pieniä.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia tehtaan uuden tehtaan loistehon kompensoinnin tilaa ja suorittaa tarvittavat muutokset, mikäli niitä havaitaan. Samalla mitattiin koko tehtaan loisteho keskuksilta joissa oli jo kompensointilaitteita. Tämän lisäksi mitattiin kaikkien kondensaattorien kapasitanssiarvot, jotta nähtiin niiden nykyinen toimintakyky.

Työn kappaleissa kaksi ja kolme on teoretietoa loistehosta, loistehon kompensoinnin eduista ja eri kompensointi tavoista sekä eri kompensointi laitteista.

Kappaleessa neljä käydään läpi valitut mittausmenetelmät ja mittauslaitteet. Kaikki mittaustulokset ja kondensaattorien kilpiarvot löytyvät tästä kappaleesta. Jokainen loisteholaite on taulukoitu ja taulukoissa käy ilmi laitteiden tiedot. Tulokset on myös taulukoitu ja jo taulukoista käy ilmi kondensaattorien kunto.

Viidennessä kappaleessa on johtopäätelmät mittauksen tuloksista ja tarvittavista muutoksista.

LÄHTEET

/1/ Sähköturvallisuuden edistämiskeskus www-sivut 2013. Viitattu 17.1.2013.

<http://www.stek.fi/>

/2/ Viljanen, T. 2009. Sähköverkon kompensointi. Viitattu 17.1.2013.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134045922435.html>

/3/ Harsia, P. 2009. Kompensointitavat. Viitattu 17.1.2013.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134045922435.html>

/4/ Harsia, P. 2009. Kompensointitavat. Viitattu 17.1.2013.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134045922435.html>

/5/ ST52.16 Kompensointi- ja yliaaltosuodatinlaitteet ja niiden sijoitus

pienjänniteverkossa 2004. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 1.2.2013.

<http://www.sahkoinfo.fi/severi/>

/6/ Pori energian www-sivut 2013. Viitattu 19.1.2013. <http://www.porienergia.fi/>

/7/ ABB:n www-sivut 2013. Viitattu 1.2.2013. <http://www.abb.fi/>

/8/ Alstomin www-sivut 2013. Viitattu 1.2.2013. <http://www.alstom.com/fi/finland/>

/9/ Fluken www-sivut 2013. Viitattu 12.4.2013. <http://www.fluke.com/>

/10/ Korpinen, L. 2013. Viitattu 10.4.2013. <http://www.leenakorpinen.fi/>

LIITE 1

Liitetiedosto sisältää luottamuksellista tietoa.