



ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕНЕРГЕТИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА НОВА ИНДУКЦИОННА ТИГЕЛНА ПЕЩ „INDUGA“ MFT CU 25000 В ЗАВОД ЗА ЦВЕТНИ МЕТАЛИ „СОФИЯ МЕД“

Борис Васов

vassov.boris@gmail.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
София, ул. „Гео Милев № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** електроразпределителна система, енергетични параметри, енергийна ефективност, фактор на мощността, хармоници, компенсиране на реактивна мощност, изправители, честотни преобразуватели, индукционна тигелна пещ*

***Резюме:** Заводът за цветни метали „София Мед“ има висока консумация на реактивна енергия. Това е така поради спецификата на електрооборудването и технологичните процеси на производство в отрасли.*

Основната задача, която трябва да бъде решена, е да се повиши факторът на мощността и да се намали разходът на реактивна енергия. За тази цел са определени основните енергоемки консуматори по производства. Всеки един от тях е обект на индивидуално изследване.

В изложението по-долу доклад са разгледани изследванията на енергетичните параметри на един новоинсталиран електрически консуматор в лярния цех на завода за цветни метали „София Мед“ и е направен анализ на влиянието му върху общата енергийна ефективност на предприятието. Това е индукционна тигелна пещ „MFT Cu 25000“, която служи за разтопяване на мед и медни сплави. Представено е кратко описание на пещта и основните ѝ параметри. За осъществяването на тази задача са използвани трифазен мрежов анализатор за качеството на електроенергията „Kyoritsu“ KEW 6315, специализирана програма за обработка на данни „KEW Windows“ и „Excel“. Записани са количествените и качествените показатели на напрежението и тока на страна СрН. Направеният запис обхваща част от работния процес – топене, поддържане на температура и леене. Пещта работи непрекъснато, като работните цикли се повтарят. Хубавото при този вид пещи е, че в случаи на престои те могат да бъдат изключвани, без да има опасност от замръзване на метала, защото той може да бъде източен. Така се избягва работата на силовия трансформатор в режим, близък до този на празен ход.

1. Въведение

„София Мед“ АД е завод за цветни метали, разположен на територията на София, България. Той е част от „Елвал Халкор“ - Гърция, който е част от холдинга „Виохалко“.

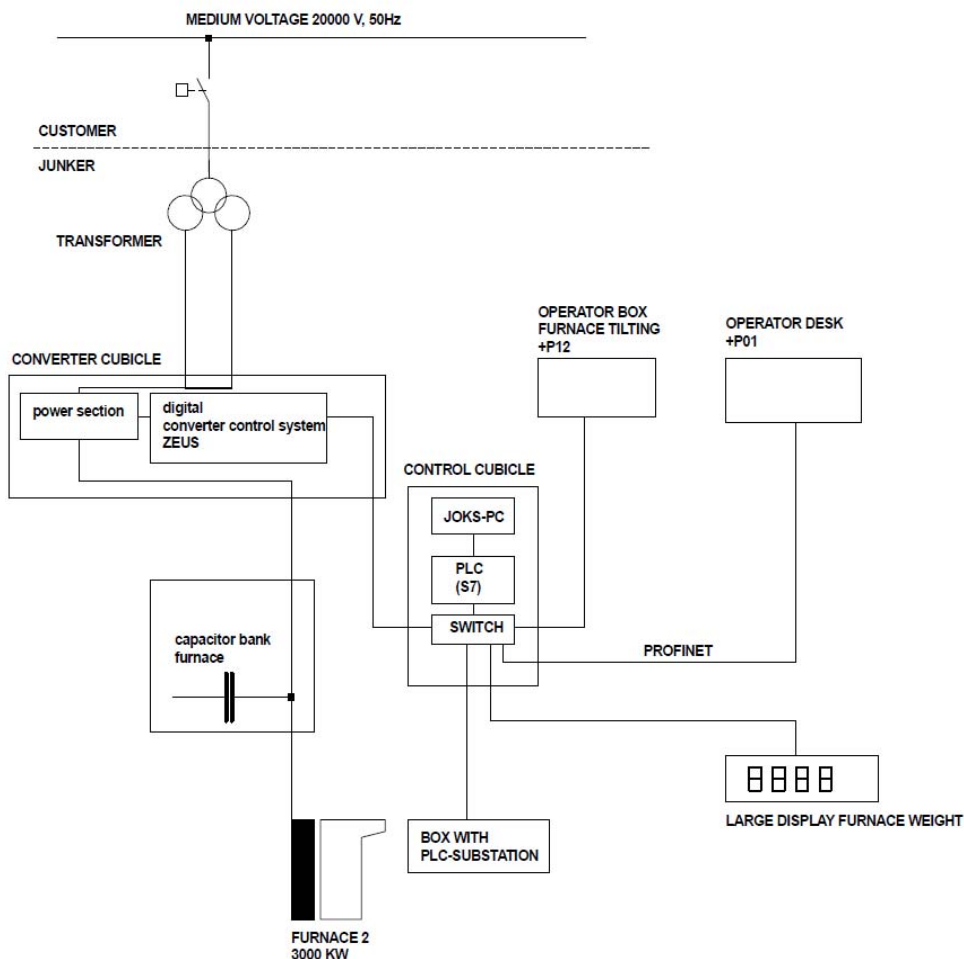
Предприятието има площ от 250,000 m² и има три производства: лярно (ЛП), валцово (ВП), тръбопрофилно (ТПП). Произвежда пресовани и валцовани продукти от мед и медни сплави с различно приложение в промишлеността.

Електрозахранването на „София Мед“ АД се осъществява посредством понижаваща подстанция 110/20 kV – п-я „София Мед“. Заводът е втора категория по осигуреност на електроснабдяването. Захранва се от две въздушни електропроводни линии: ВЕЛ „Тинтява“ и ВЕЛ „Абдовица“.

2. Тигелна пещ Induga MFT Cu 25000 [1]

Тигелната пещ представлява средночестотна безядрена индукционна пещ. Тя работи на принципа на трансформатор. Първичната намотка е спираловидна медна водоохлаждаема тръба, а вторичната – топящият се метал. Преминаващият по спиралата електрически ток създава променливо магнитно поле, което индуцира в нагрявания метал вихрови токове. Това води до отделянето на топлина, като по този начин металът се разтопява.

На фиг. 1 е показана принципна схема на пещта.



Фиг. 1 Принципна схема на индукционна тигелна пещ

Захранващото напрежение идва от трифазен трансформатор 20/2x1,3 kV. Средночестотното работно напрежение за индукционната намотка на пещта се произвежда от честотен преобразувател. Работната честота на преобразувателя зависи от резонансната честота на паралелната трептяща верига, включваща индукционна намотка и паралелно свързани кондензатори за корекция на фактора на мощността.

Посредством два управляеми шест-пулсни тиристорни изправителни моста променливото трифазно напрежение се конвертира в право напрежение. След това IGBT тиристорен инвертор преобразува правото напрежение в еднофазно променливо средночестотно напрежение.

3. Трифазен мрежов анализатор Kyoritsu KEW 6315

Записите на качеството на електроенергията и техните анализи са направени с помощта на показания на фиг. 2 трифазен мрежов анализатор на японската марка „Kyoritsu“. Моделът е KEW 6315. Той може да бъде присъединен към различни системи на свързване. Може да бъде използван както за прости измервания на моментни стойности, така и за анализи на хармоници и събития, свързани с качеството на електроенергията, и за симулация на корекция на фактора на мощността с кондензатори. Също така уредът показва формите на вълните и векторите на напрежението и тока.



Фиг. 2 Мрежов анализатор Kyoritsu KEW 6315

Анализаторът измерва следните параметри: напрежение, ток, честота, активна мощност, реактивна мощност, пълна мощност, активна енергия, реактивна енергия, пълна енергия, фактор на мощността, неутрален ток, хармоници, качество (падове, върхове, прекъсвания, пренапрежение, пулсации, пусков ток, несиметричност), фликери и др.

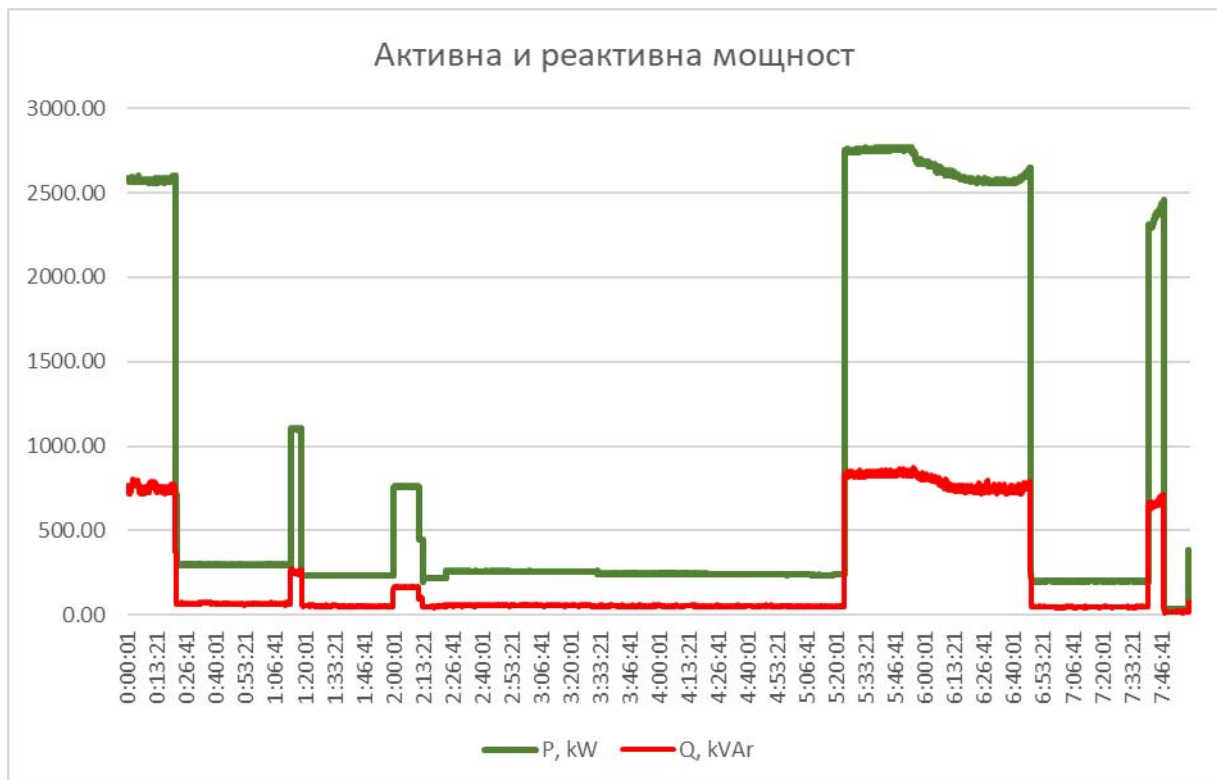
Точността на измерване на напрежение и ток е $\pm 2\%$, като при измерването на ток има допълнителна неточност от токовете клещи. Тя е от порядъка на $\pm 1\%$ за нормална околна среда и може да достигне до $\pm 3\%$ за замърсена с електромагнитни полета среда в промишлени предприятия.

Интервалът на записване е между 1 s и 2 h. Записите се съхраняват на вътрешната памет на прибора или на външна памет – SD карта. Те могат да бъдат прехвърлени на компютър, където могат да бъдат обработвани с помощта на специално разработения за уреда софтуер „KEW Windows“ и „Excel“. Приборът разполага и с Bluetooth, който позволява прехвърляне на данни в реално време и връзка с устройство с Android за наблюдение на данните в реално време.

4. Анализ на влиянието на пещта върху качествените показатели на електрическа енергия в електроразпределителната система на завода

Целта на следния анализ е да се разбере как изследваната индукционна пещ влияе на качеството на електроенергията в електроразпределителната система на завода за цветни метали и сплави „София Мед“. Задачите са да бъдат определени висшите хармоници в захранващата линия на пещта и да се определи каква реактивна мощност на компенсиране е необходима.

На фиг. 3 е представена диаграма на кривите на активната и реактивната мощност на тигелната пещ за период от осем часа.



Фиг. 3 КРУ 1, килия №13 – активна и реактивна мощност на тигелна пещ 2

Целта е да се проследи работният цикъл на пещта, включващ топене и леене на метала. Операторът сам избира мощността на пещта. По време на топене тя се избира $\sim 2600 - 2800$ kW. При зареждане и леене мощността е от порядъка на $200 - 250$ kW. На графиката се вижда дълъг период на работа с малка мощност, като в същия период се наблюдават два скока. В дадения случай това е така, защото на операторите им е било

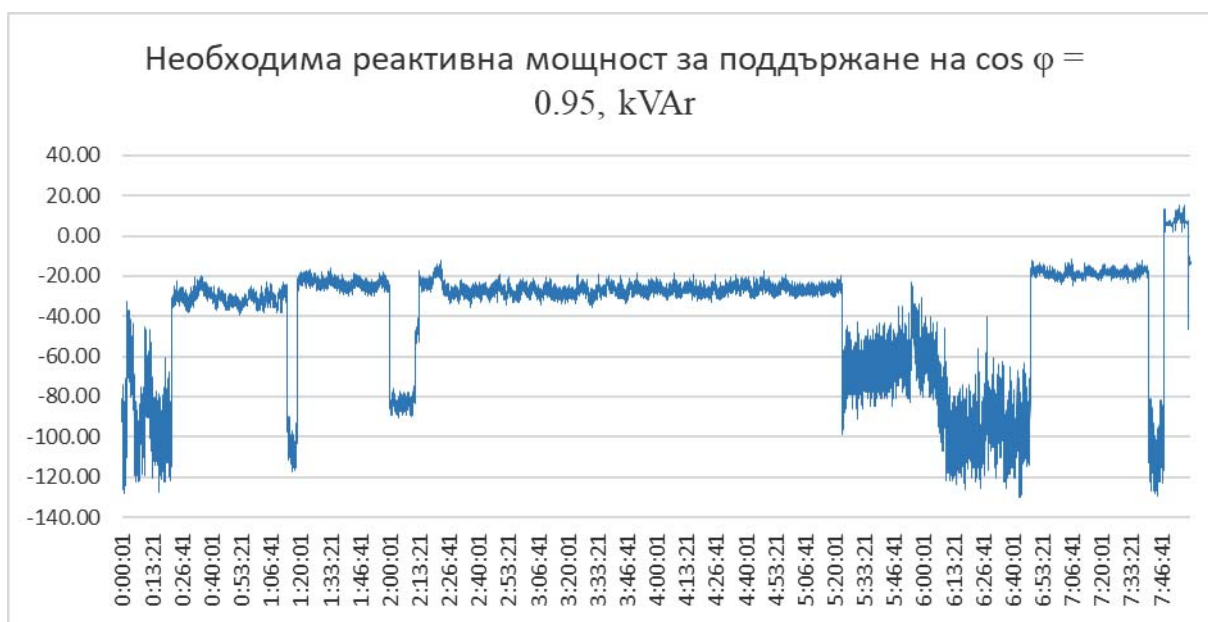
необходимо повече време за промяна на химическия състав при смяна на сплавта. Двата скока на мощността са направени с цел да се повиши температурата.

На графиката се вижда, че при номинално натоварване на пещта (режим на топене на метала) кривата на реактивната мощност следва тази на активната мощност и стойността ѝ (750-850 kVAr) е сравнително ниска спрямо тази на активната мощност (2600-2800 kW).

По време на режима на леене пещта е натоварена минимално, защото трябва единствено да поддържа определена температура на метала. Тогава стойностите на реактивната мощност (50-70 kVAr) се запазват ниски в сравнение с тези на активната мощност (200-250 kW).

Вижда се също, че направлението на линията на реактивната мощност следва това на активната мощност през целия период на работа на пещта. Също така стойността на реактивната мощност се запазва винаги по-ниска от тази на активната мощност, дори при минимално натоварване.

На фиг. 4 е представена графика на необходимата реактивна мощност за поддържане на $\cos \varphi = 0,95$.

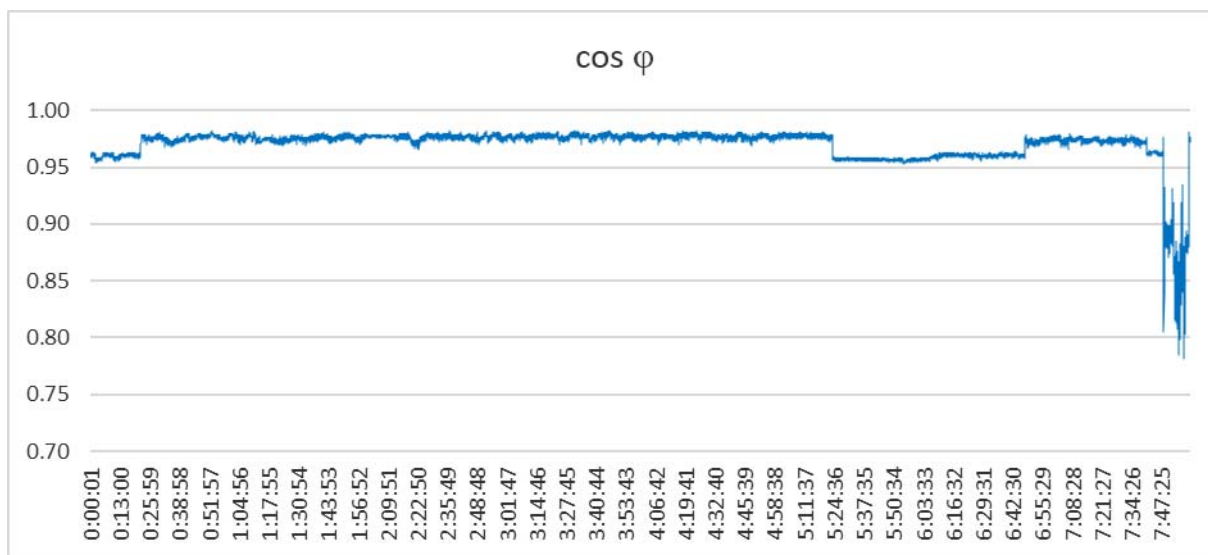


Фиг. 4 КРУ 1, килия №13 – необходима реактивна мощност

Такава графика би била полезна при избор на уредба за компенсация. В конкретния случай тя няма да ни бъде полезна, защото средната стойност на $\cos \varphi$ за целия период на работа на пещта е 0.97. Това се дължи на фабрично изграденото устройство за компенсация.

На фиг. 5 е представена графика на изменението на $\cos \varphi$ по време на разглеждания период. Вижда се, че през целия период той е с достатъчно висока стойност – над 0.95, като през по-голямата част от времето тази стойност достига 0.98.

Ниската стойност на $\cos \varphi$ в края на графиката се дължи на това, че трансформаторът е оставен да работи на празен ход.



Фиг. 5 КРУ 1, киля №13 – cos φ

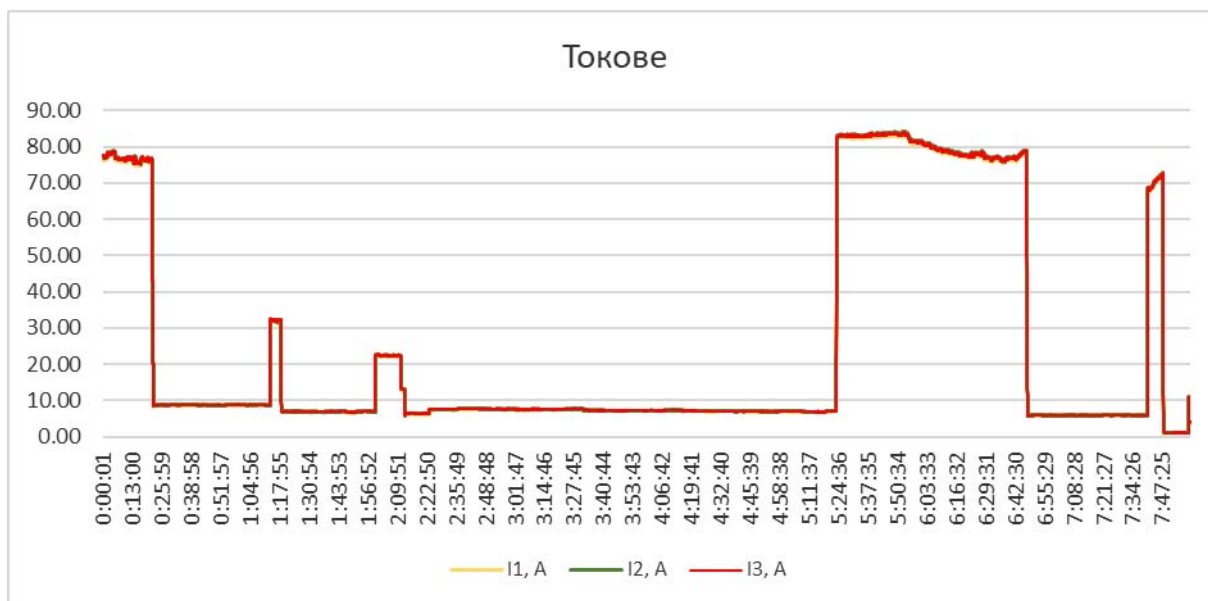
На фиг. 6 е представена диаграма на кривите на линейните напрежения на тигелната пещ за период от осем часа.



Фиг. 6 КРУ 1, киля №13 – линейни напрежения на висока страна на тигелна пещ

Максималната разлика между напреженията за целия период на изследването е 280 V. Това е 1,4 % спрямо номиналното напрежение от 20 kV.

На фиг. 7 е представена диаграма на кривите на токовете на тигелната пещ за период от осем часа.

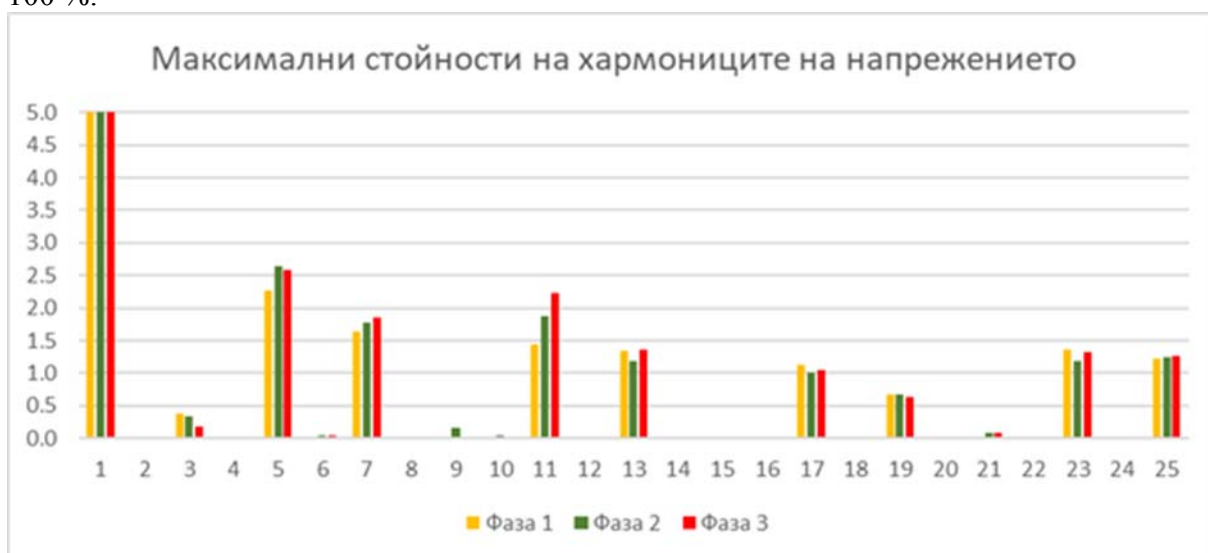


Фиг. 7 КРУ 1, килия №13 – токове на висока страна на тигелна пещ

Максималната разлика между токовете на фазите за целия период на изследването е 0,72 А, което се равнява на 0,93 %.

Тигелната пещ се захранва от трифазен тринамотъчен трансформатор, едната от вторичните намотки на който е свързана в триъгълник, а другата в звезда. Те захранват два паралелно свързани изправителни моста, като по този начин се изпълнява 12-пулсна схема на изправяне. Такива изправители генерират нечетни хармоници от 11-ти, 13-ти, 23-ти, 25-ти, 35-ти, 37-ми ред и т.н.

На фиг. 8 е представена хистограма на максималните стойности на хармониците на напрежението, отчетени по време на изследването. С цел по-добро онагледяване първи хармоник е показан само до стойност 5 %, но се подразбира, че стойността му е 100 %.



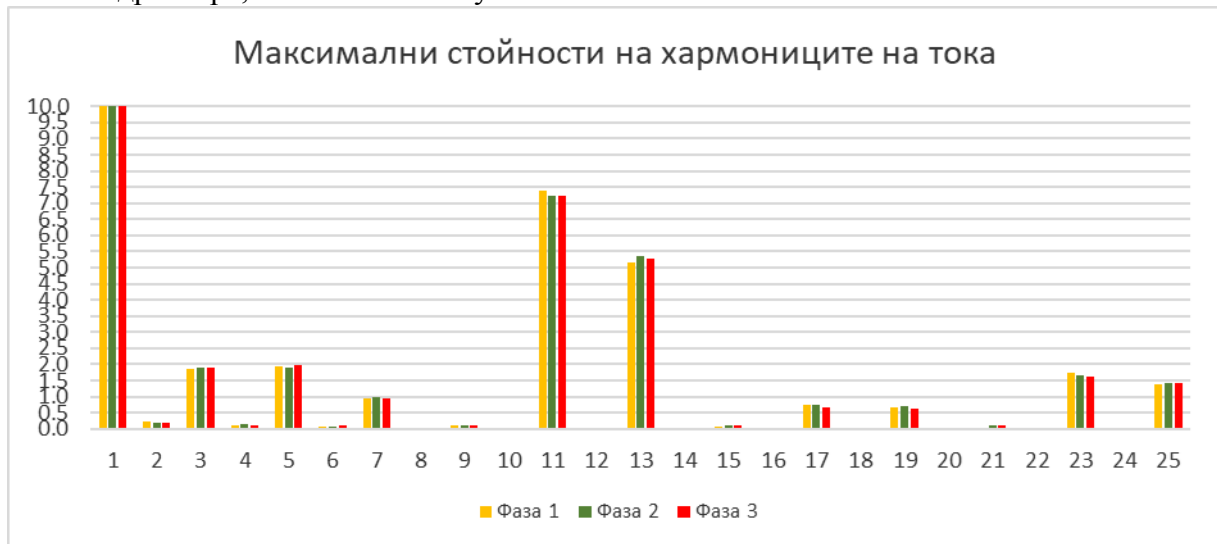
Фиг. 8 КРУ 1, килия №13 – максимални стойности на хармониците на напрежението

Отчетените максимални стойности на присъщите за тези изправители хармониците от 11-ти, 13-ти, 23-ти и 25-ти ред са по-ниски от максималните допустими стойности.

Отчетени са и хармоници от 5-ти, 7-ми, 17-ти и 19-и ред, които са неприсъщи за тези изправители. Това се дължи на присъединени други консуматори в електроразпределителната мрежа 20 kV на завода. Останалите хармоници са с незначителни стойности.

Общото хармонично изкривяване на напрежението е със средна стойност 1,65 %, а максималната отчетена стойност е 3,9 %. Стойността е много по-ниска от допустимата за мрежи СрН, която е 8 %. [2]

На фиг. 9 е представена хистограма на максималните стойности на хармониците на тока. С цел по-добро онагледяване първи хармоник е показан само до стойност 10 %, но се подразбира, че стойността му е 100 %.



Фиг. 9 КРУ 1, килия №13 – максимални стойности на хармониците на ток

Отчетени са множество четни хармоници с непостоянен характер. Те са резултат от резките промени в товара и на несиметричността при отпушването на тиристорите на изправителите.

Общото хармонично изкривяване на тока е със средна стойност 10,70 %, а максималната отчетена стойност е 82,64 %, но тя е за 1 s и е отчетена при работа на празен ход на трансформатора. Ако изключим периода на работа на празен ход, то отчетената максимална стойност за 1 s е 19,70 %. При работа само на празен ход на трансформатора средната стойност на общото хармонично изкривяване на тока е 40,30%.

5. Заключение

Целта е факторът на мощността на завода да достигне стойност $\cos \varphi = 0,95$. Сега тази стойност се колебае между 0,7 – 0,9.

Клиентите с търговско измерване на страна високо напрежение и с инсталирана мощност над 30 kW, когато са в режим на потребление на активна енергия, заплащат надбавка върху стойността на активната електрическа енергия в зависимост от използваната реактивна електрическа енергия за всеки петнадесетминутен интервал, при който факторът на мощността е по-малък от 0,9 [3].

Изследваната индукционната тигелна пещ е една от енергоемките машини в предприятието. От написаното дотук се вижда, че по време на работа стойностите на хармониците на напрежението са в границите на определените по стандарт стойности. Стойността на общото хармонично изкривяване на напрежението също не е висока – 1,65 %. При конкретната пещ се наблюдава и доста висок фактор на мощността (средно

0.97) през цялото време на работа, като изключим работата на празен ход, когато тази средна стойност е 0.87.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Техническа документация за индукционна тигелна пещ Induga MFT Cu 25000
- [2] БДС EN 50160:2010 Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените електрически мрежи
- [3] Наредба №1 от 14 март 2017 г. за регулиране на цените на електрическата енергия

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF THE ENERGY PARAMETERS OF A NEW INDUCTION CRUCIBLE FURNACE „INDUGA“ MFT CU 25000 IN COPPER ALLOY FACTORY „SOFIA MED“

Boris Vassov

vassov.boris@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

***Key words:** power distribution system, energy parameters, energy efficiency, power factor, harmonics, reactive power compensation, rectifiers, frequency converters, induction crucible furnace*

***Abstract:** There is a high consumption of reactive energy in „Sofia Med“ copper alloy factory. This is due to the specifics of the electrical equipment and the technological processes in the industry.*

The main task, that have to be solved, is to increase the power factor and to reduce the consumption of reactive energy. For this purpose the main high energy consuming consumers by workshops have been identified. Each of them is subject to individual research.

The following report examines the research of the energy parameters of a newly installed electrical consumer in the foundry of "Sofia Med" and analyzes its impact on the energy efficiency of the factory. This is an induction crucible furnace "MFT Cu 25000", which is used for melting copper and copper alloys. There is a brief description of the furnace and its parameters. To perform this task have been used a three-phase network power quality analyzer "Kyoritsu" KEW 6315, a specialized data processing program "KEW Windows" and "Excel". Quantitative and qualitative indicators of voltage and current on the MV side were recorded. The record covers one working cycle - charging, melting and draining. The furnace works continuously, repeating the working cycles. The good thing about this type of furnaces is, that in case of downtime they can be turned off without the risk of freezing of the metal, because it can be drained. This avoids the operation of the power transformer in a mode close to that at idle mode.