

ВЛИЯНИЕ НА ИНДУКЦИОННА ТИГЕЛНА ПЕЩ INDUGA MFT CU 18000 ВЪРХУ ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА КАЧЕСТВО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ В ЕЛЕКТРОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНАТА СИСТЕМА НА ЗАВОД ЗА ЦВЕТНИ МЕТАЛИ „СОФИЯ МЕД“

Борис Васов, Георги Павлов
vassov.boris@gmail.com, g_pavlov61@abv.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
гр. София, ул. „Гео Милев“ 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

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

Резюме: *В завода за цветни метали „София Мед“ се наблюдава завишена консумация на реактивна енергия. Това се дължи на електрооборудването и специфичните технологични процеси при производството на мед и медни сплави.*

Първата задача от процеса за намаляване разхода на реактивна енергия и подобряване фактора на мощността ще бъде да се определят енергоемките консуматори в завода, които оказват отрицателно влияние на качествените показатели на електроенергията, след което те да бъдат изследвани и анализирани.

В този доклад е разгледан един от основните консуматори на електроенергия – това е индукционна тигелна пещ MFT Cu 18000, която се използва за разтопяване и леене на медни сплави. Дадено е кратко описание на пещта и нейните характеристики. Направен е запис на количествените и качествените показатели на напрежението и тока на страна СрН с помощта на трифазен мрежов анализатор Kyoritsu KEW 6315. Записът е с продължителност един работен цикъл, който включва разтопяване на метала и леене. Работните цикли се повтарят без прекъсване. Пещта се спира само за планов ремонт или в случай на авария. Полученият запис е анализиран с цел да се покаже как даденият консуматор влияе на качеството на електроенергия в електроразпределителната мрежа СрН на завода.

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“.

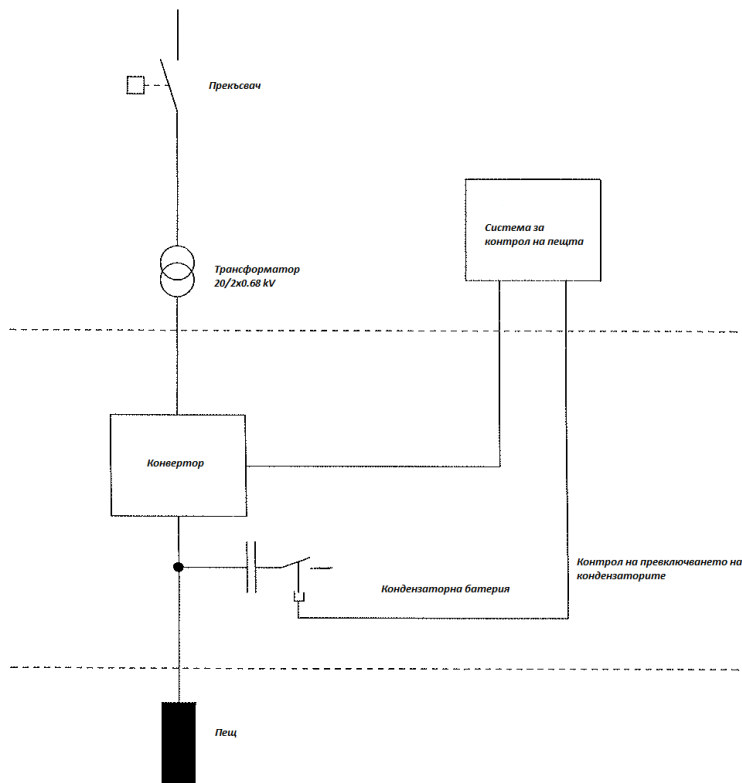
Предприятието има площ от 250,000 m² и има три производства: леярно (ЛП), валцово (ВП), тръбопрофилно (ТПП). Произвежда пресовани и валцовани продукти от мед и медни сплави с различно приложение в промишлеността.

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 18000 [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. Средночестотното работно напрежение на индуктора се получава чрез използването на високомощни водоохлаждаеми тиристори.



Фиг. 1 Принципна схема на индукционна тигелна пещ

Захранващото напрежение идва от трифазен трансформатор 20/2x0,68 kV. Посредством два управляеми шест-пулсни тиристорни изправителни моста променливото трифазно напрежение се конвертира в право напрежение. След това тиристорен инвертор преобразува правото напрежение в еднофазно променливо средночестотно напрежение. Работната честота на конвертора зависи от резонансната честота на паралелната осцилираща верига, включваща индуктивна намотка и паралелно свързани кондензатори за корекция на фактора на мощността.

Пещта разполага с електронен контролен модул, който служи за контрол и наблюдение на тиристорите и спомага за предотвратяване на евентуални пренапрежения, скокове на тока и къси съединения.

Напрежението на пещта, както и мощността ѝ могат да бъдат регулирани чрез изменение на фазовия ъгъл в изправителя. Ограничители по ток и по напрежение помагат да не бъдат превишени допустимите стойности. За оптимален топлинен цикъл потенциометърът се настройва на най-голямата стойност. По този начин системата за контрол регулира мощността на пещта автоматично.

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 шест часа.



Фиг. 3 КРУ 1, килия №12 – активна и реактивна мощност на тигелна пещ

Целта е да се видят различните работни режими на пещта. На практика те са два – режим на топене на метала и режим на леене. Смяната на режимите става внезапно. По време на топене мощността се повишава постепенно. При първото зареждане тя е ~ 2300 kW. По време на топенето пещта се дозарежда и мощността се повишава, като непосредствено преди леене тя достига стойност около 2800 kW. Режимът на леене се характеризира с ниска мощност – средно около 220 kW. На графиката се виждат няколко скока. Те са се получили, защото пещта не е започнала да лее веднага поради някакви причини, и операторът е повишавал мощността, за да поддържа температурата в определени граници.

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 (600-800 kVAr) е сравнително ниска спрямо тази на активната мощност (2300-2800 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 (550-700 kVAr) са много високи в сравнение с тези на активната мощност (160-230 kW).

Вижда се също, че стойностите на реактивната мощност са в почти едни и същи граници и през двата работни режима на пещта. Изключение се наблюдават по време на

скоковете през режима на леене. Тогава пещта е натоварена мално над средното ниво, и реактивната енергия има максимални стойности (средно 1240 kVAr).

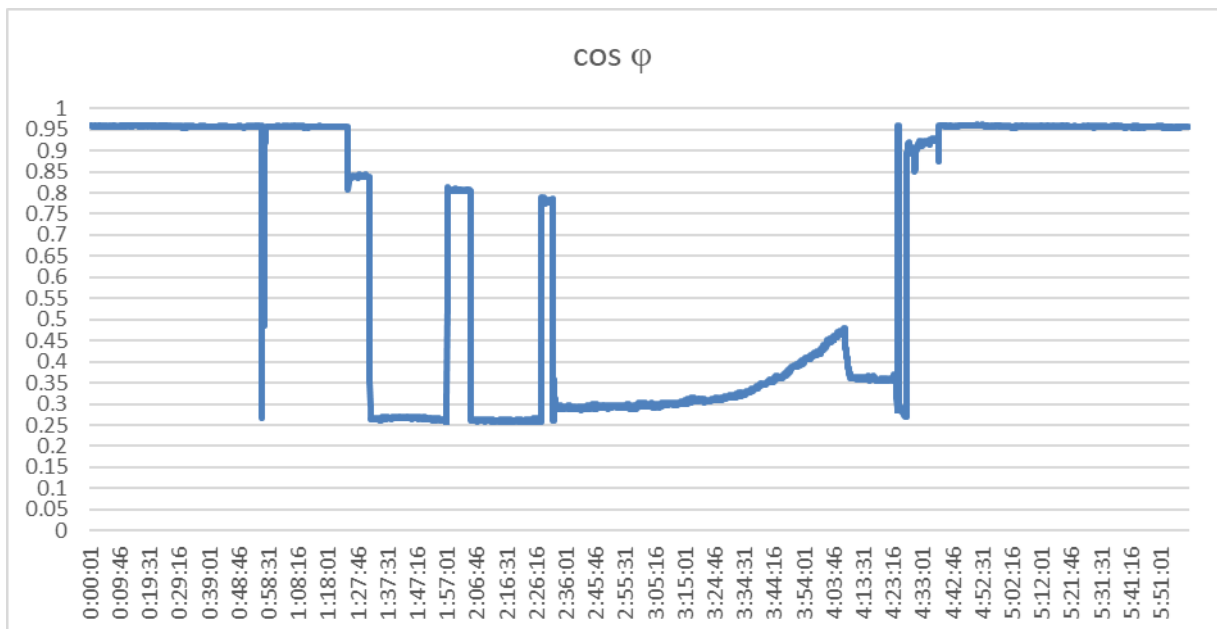
На фиг. 4 е представена графика на необходимата реактивна мощност за поддържане на $\cos \varphi = 0,95$.



Фиг. 4 КРУ 1, килия №12 – необходима реактивна мощност

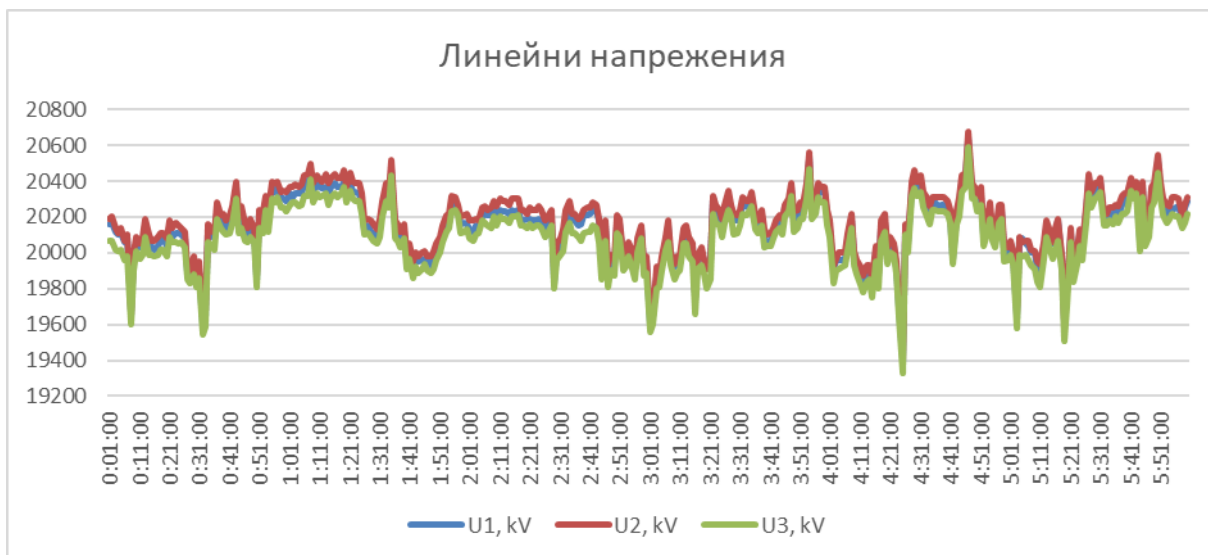
Тя би била полезна при избор на уредба за индивидуална динамична компенсация на ниска страна.

На фиг. 5 е представена графика на изменението на $\cos \varphi$ по време на разглеждания период. Вижда се, че по време на режима на топене на метала той е с достатъчно висока стойност – над 0,95. По време на леене тази стойност пада осезаемо – до 0,26.



Фиг. 5 КРУ 1, килия №12 – $\cos \varphi$

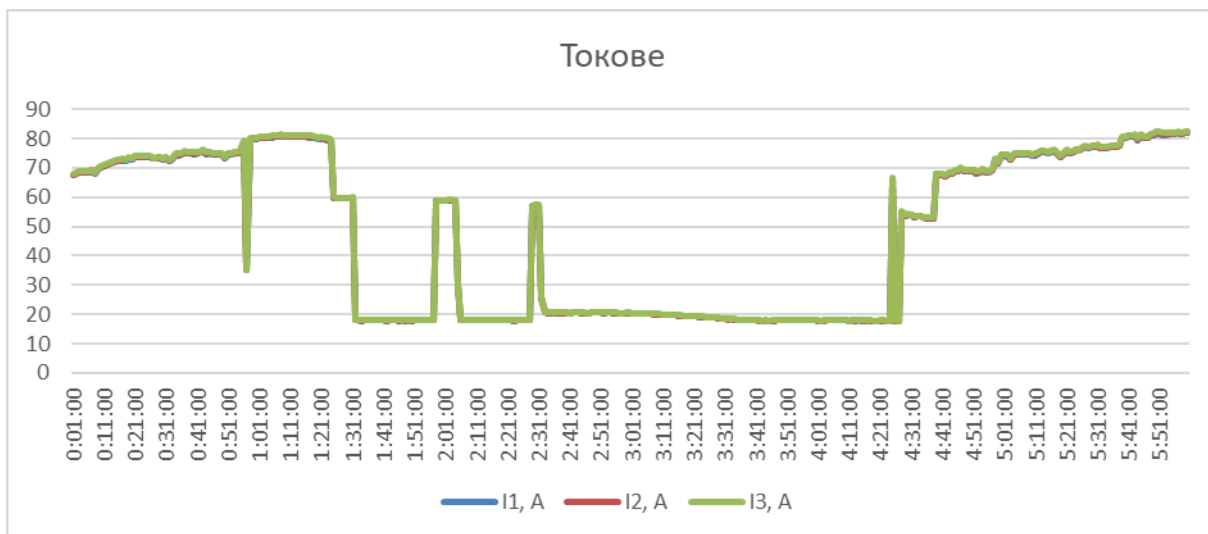
На фиг. 6 е представена диаграма на кривите на линейните напрежения на тигелната пещ за период от шест часа.



Фиг. 6 КРУ 1, килия №12 – линейни напрежения на висока страна на тигелна пещ

Максималната разлика между напреженията за целия период на изследването е 130 V. Това е 0,65 % спрямо номиналното напрежение от 20 kV.

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

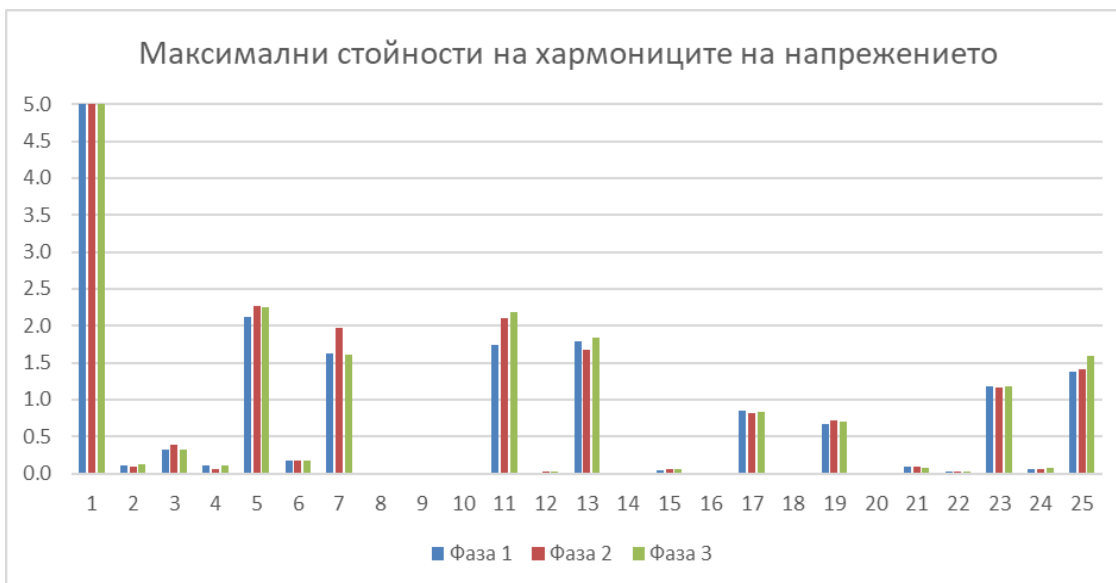


Фиг. 7 КРУ 1, килия №12 – токове на висока страна на тигелна пещ

Максималната разлика между токовете на фазите за целия период на изследването е 0,66 A, което се равнява на 0,8 %.

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 %.



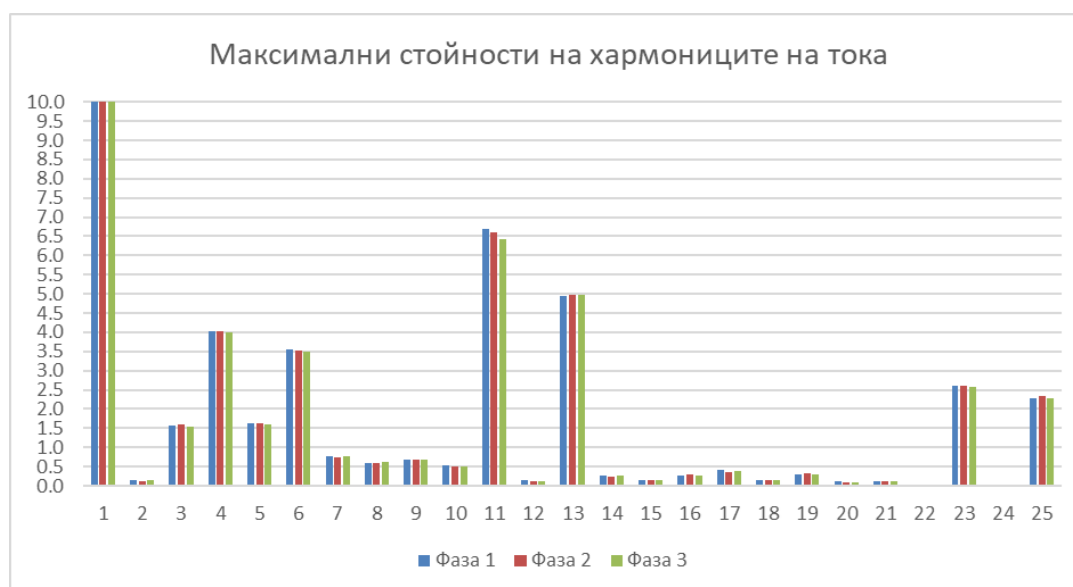
Фиг. 8 КРУ 1, килия №12 – максимални стойности на хармониците на напрежението

Хармониците от 11-ти и 13-ти ред са със значително по-ниски стойности от допустимите. Стойностите на хармониците от 23-ти и 25-ти ред са също така с много по-ниски стойности от допустимите, но максималните им стойности се доближават до тях, като за момент 25-ти хармоник превишава незначително максимално допустимата стойност.

Отчетени са и хармоници от 5-ти, 7-ми, 17-ти и 19-и ред, които са неприемливи за тези изправители. Присъствието им 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 1,75 %, а максималната отчетена стойност е 4,1 %. 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 №12 – максимални стойности на хармониците на тока

Стойностите на типичните за тези изправители хармоници на тока не са високи. 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 10,52 %, а максималната отчетена стойност е 15,61 %.

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 – 1,75 %. Проблем е много niskият фактор на мощността (0,26-0,30) по време на леене на метала, когато пещта е слабо натоварена.

Следва да бъдат изследвани показателите на ниската страна на трансформатора, което ще позволи да се разгледат варианти за компенсация на реактивната енергия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Техническа документация за индукционна тигелна пещ Induga MFT Cu 18000
- [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

INFLUENCE OF INDUCTION CRUBICLE FURNACE INDUGA MFT CU 18000 ON THE ELECTRICAL SYSTEL QUALITY INDICATORS IN THE ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM OF „SOFIA MED“ COPPER ALLOY FACTORY

Boris Vassov, Georgi Pavlov

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

Key words: *electrical distribution system, energy efficiency, power factor, harmonics, reactive power compensation, rectifiers, frequency inverters, induction crubicle furnace*

Abstract: *In the „Sofia Med“ copper alloy factory, there is a high consumption of reactive energy. This is due to the electrical equipment and the specific technological processes in the production of copper and copper alloys.*

The first task of the process to reduce the reactive energy consumption and to improve the power factor will be to identify the high energy consuming consumers in the plant, that have a negative impact on the quality of the electricity, whereafter they will be studied and analyzed.

This report examines one of the main consumers of electricity - this is an induction crucible furnace MFT Cu 18000, which is used for copper alloys melting and casting. There is a brief description of the furnace and its characteristics. Quantitative and qualitative indicators of voltage and current on the MV side were recorded, using a three-phase network analyzer Kyoritsu KEW 6315. The record has a duration of one operating cycle, which includes melting the metal, alloying and casting. The operating cycles are repeated without interruption. The furnace stops only for scheduled repairs or in case of an accident. The record is analyzed in order to show how the consumer affects the quality of the electricity in the MV electrical distribution network of the plant.