

КОМПЕНСИРАНЕ НА РЕАКТИВНИТЕ МОЩНОСТИ В ПРЕДПРИЯТИЯ СЪС СИЛНО НЕРАВНОМЕРЕН ТОВАРОВ ГРАФИК

Кирил Джустров¹, Иван Стоилов¹

¹Минно Геоложки Университет "Св. Ив. Рилски"

COMPENSATION OF REACTIVE POWER IN ENTERPRISES WITH A HIGHLY UNEVEN LOADING SCHEDULE

Kiril Dzhustrov¹, Ivan Stoilov¹

¹ University of Mining and Geology is "St. Ivan Rilski"

Abstract

The problems of compensating the reactive loads in enterprises with highly uneven load schedule are discussed. A methodology is proposed which is based on experimental studies and gives a possibility to analyse mutli-variant solutions. It has been successfully applied when choosing a variant for optimum compensation in a mining enterprise with uneven loading schedule.

Keywords: compensating the reactive loads

ВЪВЕДЕНИЕ

Минно-обогатителният комбинат „Асарел –Медет“ АД има две точки на търговско мерене на електроенергията на страна 110 kV – площадка „Асарел“ и площадка „Медет“. На площадка „Асарел“ е съсредоточен основния електрически товар на предприятието, налице са голям брой мощни синхронни електродвигатели и проблемите с управлението на реактивните товари там са решени [1]. След закриването на рудника и обогатителната фабрика на площадка „Медет“ подстанцията 110/6 kV захранва помпени станции, взривна фабрика и няколко цеха с незначителен товар. Независимо от факта, че в две от помпените станции задвижването на помпите е със синхронни електродвигатели, предприятието плаща за консумирана надлимитна реактивна енергия. Поради цикличния режим на работа на помпите и на консуматорите във взривната фабрика товаровия график на подстанцията е много неравномерен, което затруднява компенсацията на реактивната мощност. Подобни проблеми имат редица промишлени предприятия [2, 3]. За решава-

нето им е приложена методика, включваща експериментални изследвания и анализ на резултатите.

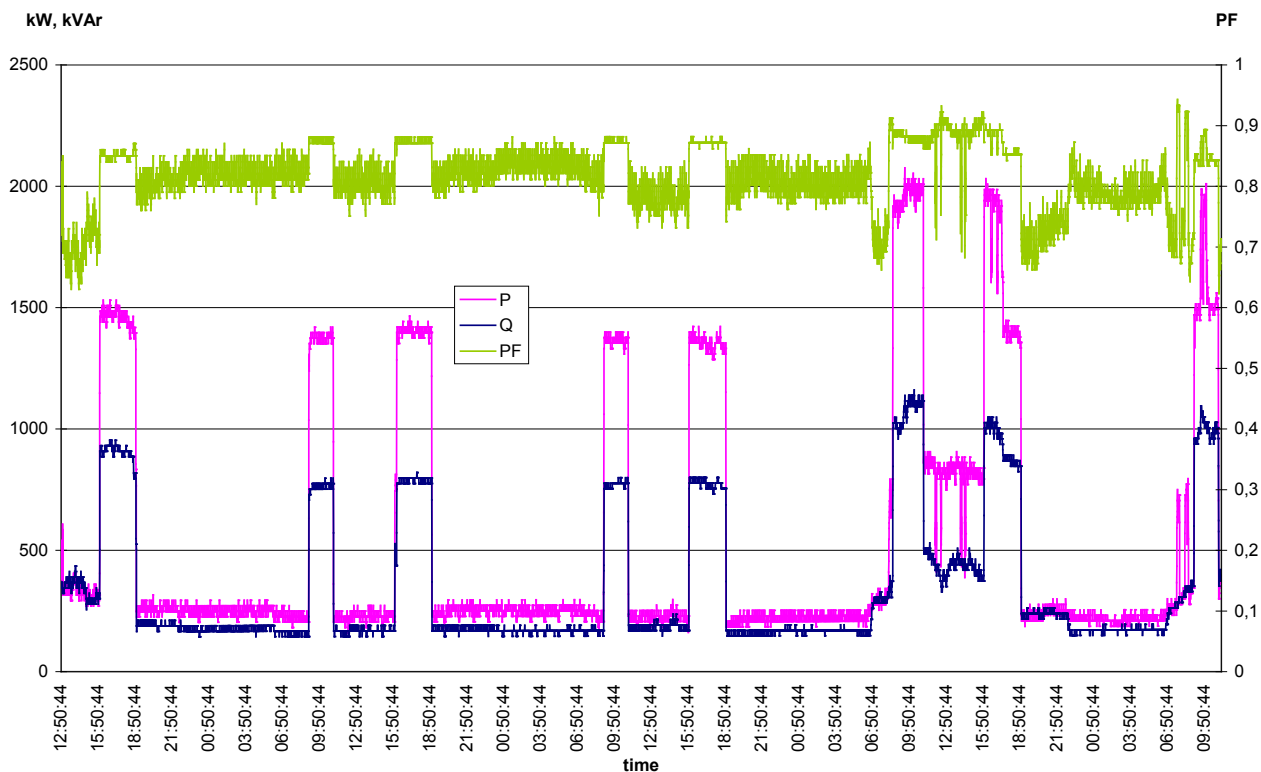
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В продължение на 4 денонощия бяха заснети товарови графици на страна 110 kV на подстанцията ЦРП „Медет“ 110/6 kV. Периодът бе избран така, че да обхване работно и празнично денонощие. Записваха се моментните стойности на активната, реактивната енергия и $\cos\varphi$ през период от 30 секунди с два мрежови анализатори FLUKE.

Първичните данни от мрежовите анализатори са прехвърлени на персонален компютър и са обработени с приложни-програмни продукти. Визуализирани са изследваните параметри и пълните записи за целия период на измерване. Подбрано е характерно работно и празнично денонощие и на тази база са обработени получените данни. Изчислени и графично са построени за всяко денонощие необходимата реактивна мощност за постигане на нормената стойност на $\cos\varphi=0,9$.

Този подход дава възможност да се определи недостига или излишъка на реактивна мощност за всеки момент от време за характерно работно и празнично денонощие.

На фиг. 1 е показано изменението на активната, реактивната мощност и фактора на мощността, заснети в продължение на 4 дни в ЦРП „Медет“.



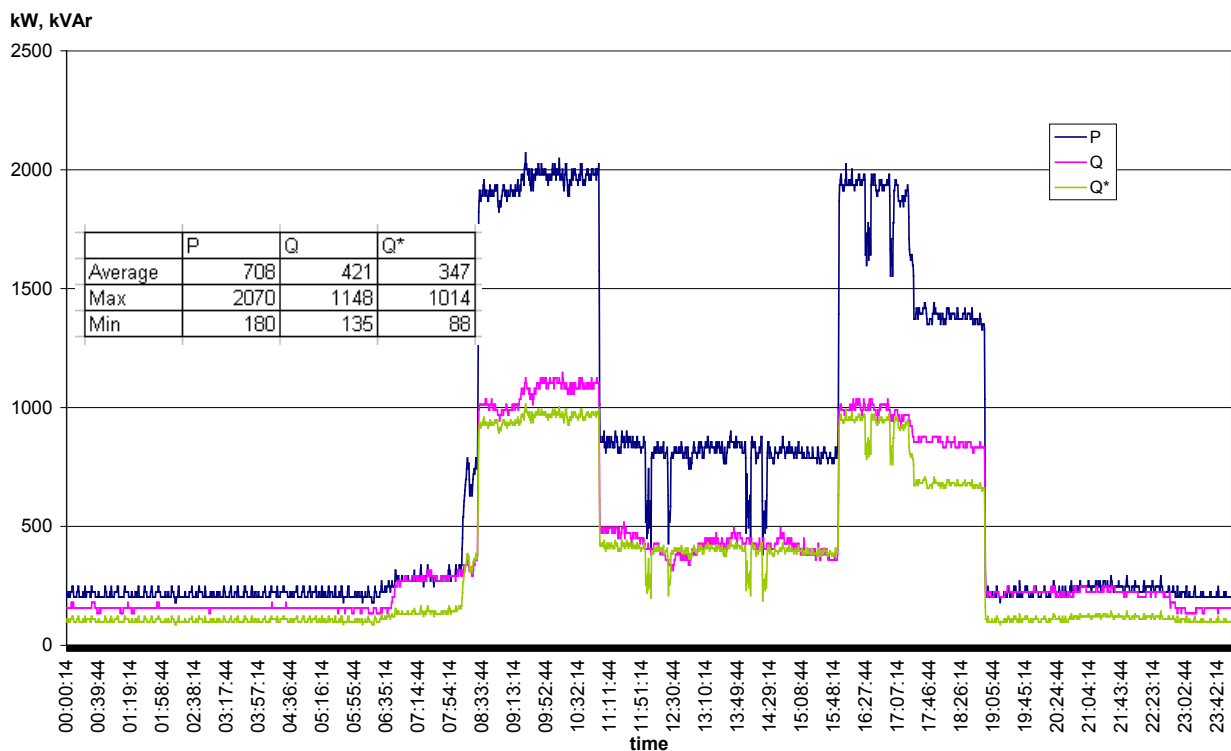
Фиг. 1. ЦРП Медет - изменение на активната и реактивна мощности и факторът на мощността (16.05 - 20.05.2014 г.).

За целия период на измерване по времето когато помпите не работят се откроява една сравнително постоянна по големина активна (около 250 kW) мощност и около 150 kVAr реактивна мощност. При включване на два помпени агрегата, задвижвани от асинхронни електродвигатели с мощност 630 kW, активната мощност достига до около 1400-1500 kW. При съвместна работа на два помпени агрегата и консуматорите от взривната фабрика, активната мощност достига до около 2000 kW. Преобладаващият фактор на мощността е около 0,80-0,82, а при включването на асинхронните двигатели на помпите, достига 0,87. По високи стойности на $\cos\phi$ ($\cos\phi=0,9$) се достигат

само при работа на взривната фабрика, и то при положение, че не работят помпите, задвижвани с асинхронни двигатели. Тук е безспорна нуждата от компенсиране на реактивните товари.

От цитираните записи са подбрани характерни работни и празнични денонощия, които да служат за анализ на товарите и определяне на оптимални решения за компенсиране на реактивните товари.

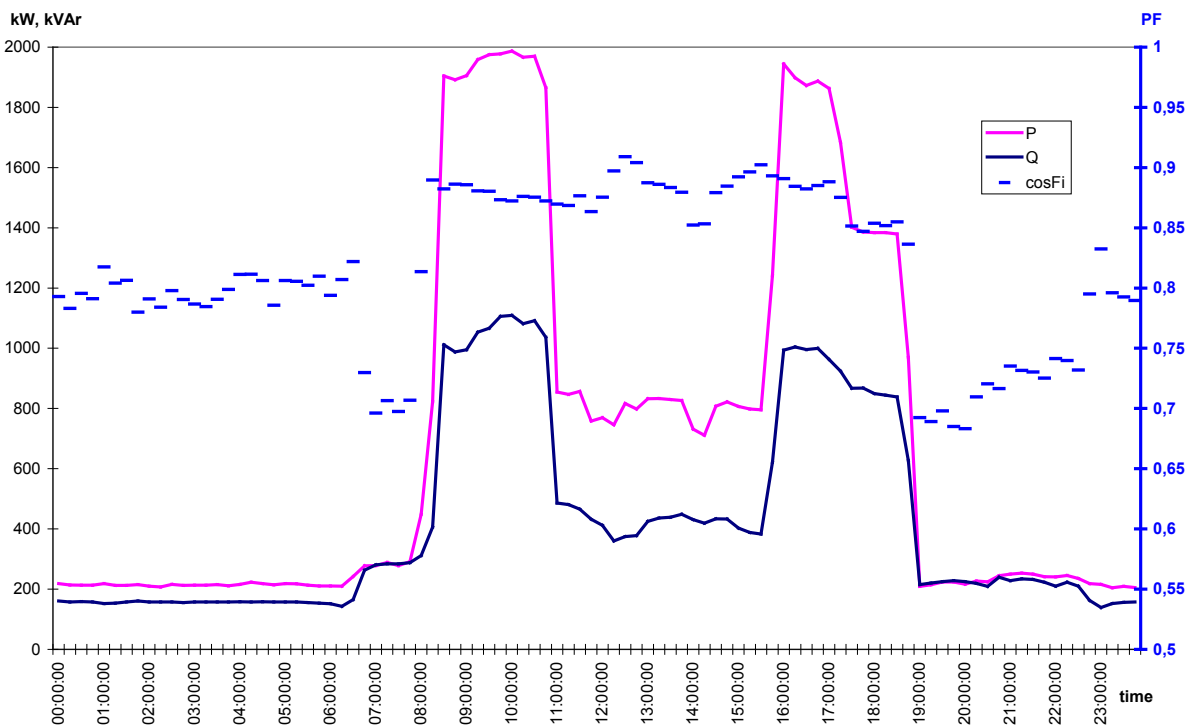
На фиг. 2 са показани товарни графици на активна и реактивна мощност заснети за характерно работно денонощие. С малки изключения потребяваната реактивна енергия е над лимитираната стойност.



Фиг. 2. ЦРП Медет, изменение на активната и реактивна мощности - 19.05.2014 г. (понеделник)

За всеки един момент е изчислена лимитираната стойност на консумираната реактивна мощност ($\cos\varphi=0,9$), като нейната крива е представена с Q^* . За разглеждани-

те периоди (работно и празнично денонощие), средната стойност на Q^* е около 350 MVA_r.



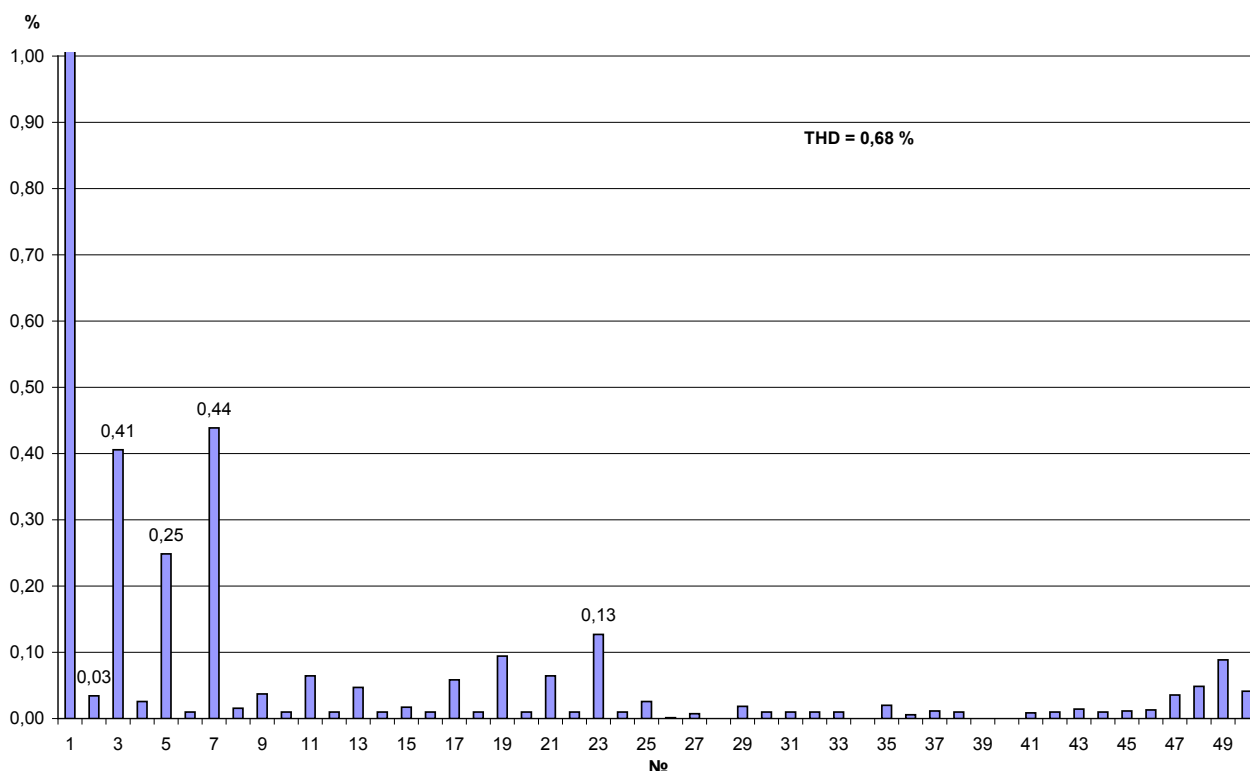
Фиг. 3. Изменение на активната и реактивна мощности за 15-минутен интервал - 19.05.2014 г.

Товарите са циклично повторяеми в отделните дни, като в дните преди взривни работи се включва допълнителен товар от взривната фабрика. При неработещи помпи и взривна фабрика се черпят около 40-60 kVA_r над лимитираната реактивна мощност, а при включване на помпите – около 100-120 kVA_r. Максимално регистрираното отклонение от лимитираната стойност е 240 kVA_r. Минималната регистрирана стойност на Q е 135 kVA_r.

На фиг. 3 е дадено изменението на усреднените стойности за 15-минутен интервал на cosφ, активната и реактивната

мощност за работно денонощие. От фигурата се вижда големият диапазон на изменение на стойностите на cosφ.

Регистрирани са няколко стойности на cosφ под 0,7, а има и една стойност над 0,9. Динамично изменящият се товар води до съответна динамика в стойностите на cosφ. Този факт определя и решението за компенсиране на реактивните товари в п-я „Медет“. Очевидно ефективна компенсация може да бъде постигната чрез динамична безконтактна компенсация. Решението с превключване на секции на кондензаторни батерии води до чести комутации.



Фиг. 4. ЦРП Медет - спектър на висшите хармоници

Чрез мрежовите анализатори FLUKE са измерени нивата на висшите хармоници на страна 110 kV в подстанцията „Медет“. На фиг. 4 е показано разпределението на хармоничните съставки. Забелязва се наличие на хармонични съставки в почти пълния спектър, но с много ниски индивидуални коефициенти. Най-високи стойности на коефициентите на несинусоидалност имат 7-ми хармоник – 0,44%, 3-ти хармоник – 0,41% и 5-ти хармоник – 0,25%.

Общият коефициент на несинусоидалност (THD) в напрежението на страна 110

kV в п-я „Медет“ е 0,68%, който е по-нисък от допустимите 2,0% за мрежите високо напрежение. Резултатите от тези експериментални изследвания показват, че в подстанцията могат да се инсталират кондензаторни батерии без специална защита от висши хармоници.

АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ

Товаровият график на подстанцията „Медет“ е със силно променлив характер, особено изразен при работа на взривната фа-

брика. Анализирани бяха няколко варианта за компенсиране на реактивните товари:

а) – статична кондензаторна батерия с мощност 100 kVAr, свързана на страна 0,4 kV и включване на батерия 200 kVAr едновременно със асинхронните двигатели на помпите

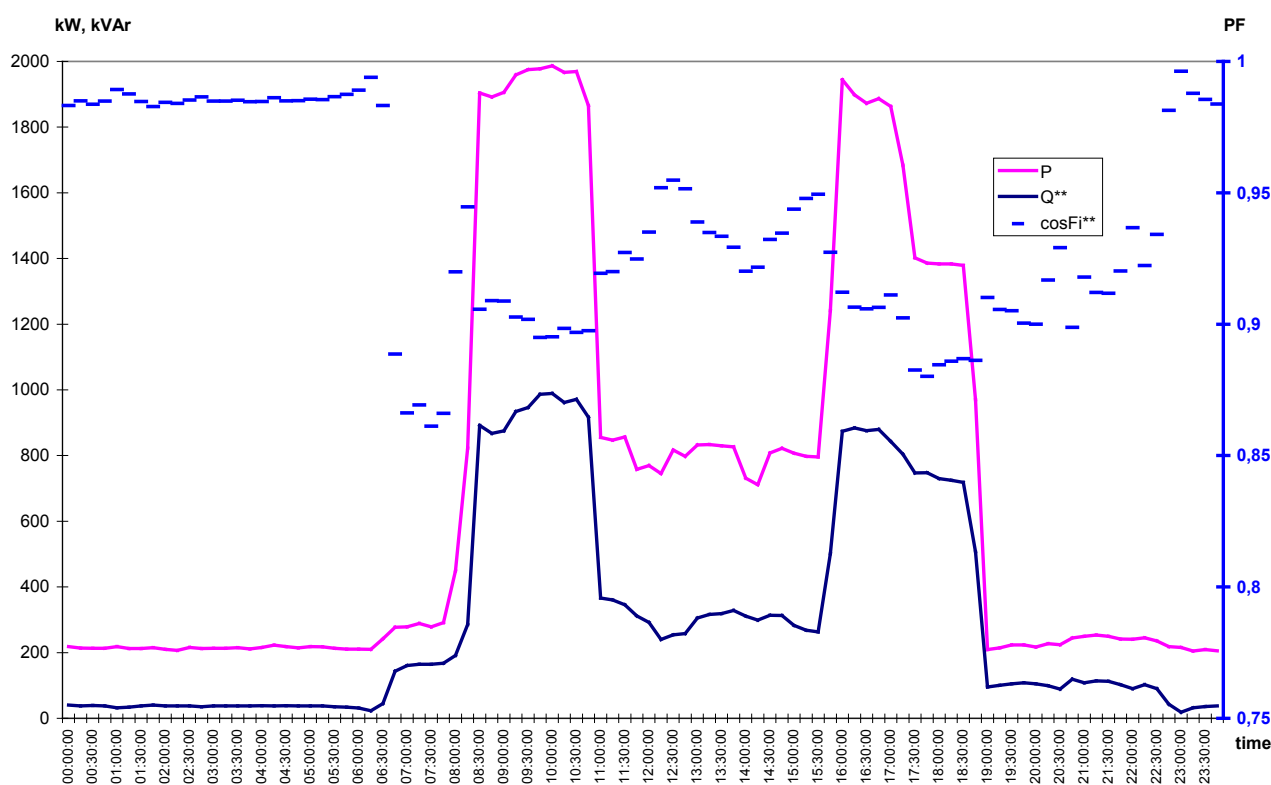
б) – статично свързана кондензаторна батерия с мощност 120 kVAr.

в) – управлявана от регулатор кондензаторна батерия 300 kVAr на страна 6 kV

г) – динамично компенсиране на страна 0,4 kV с мощност на компенсиращото устройство 300 kVAr;

В резултат на анализа на предложените варианти и позиции а) и б) отпаднаха, тъй

като при съпоставка с дневния товаров график се оказа, че в определени времеви интервали в денонощието не се реализира необходимата компенсация. На фиг. 5 (делник) и фиг. 6 (празник) е илюстриран варианта при постоянно включена кондензаторна мощност от 120 kVAr. Стойностите на $\cos\phi$, активната и реактивната мощност са осреднени на 15-минутен интервал. От фигурите се вижда, че няма връщане на капацитивна енергия в системата (но съществува вероятност от връщане). От данните на фиг. 5 може да се отчете, че в 16 времеви интервала от 15 минути стойностите на $\cos\phi$ са под нормативната.

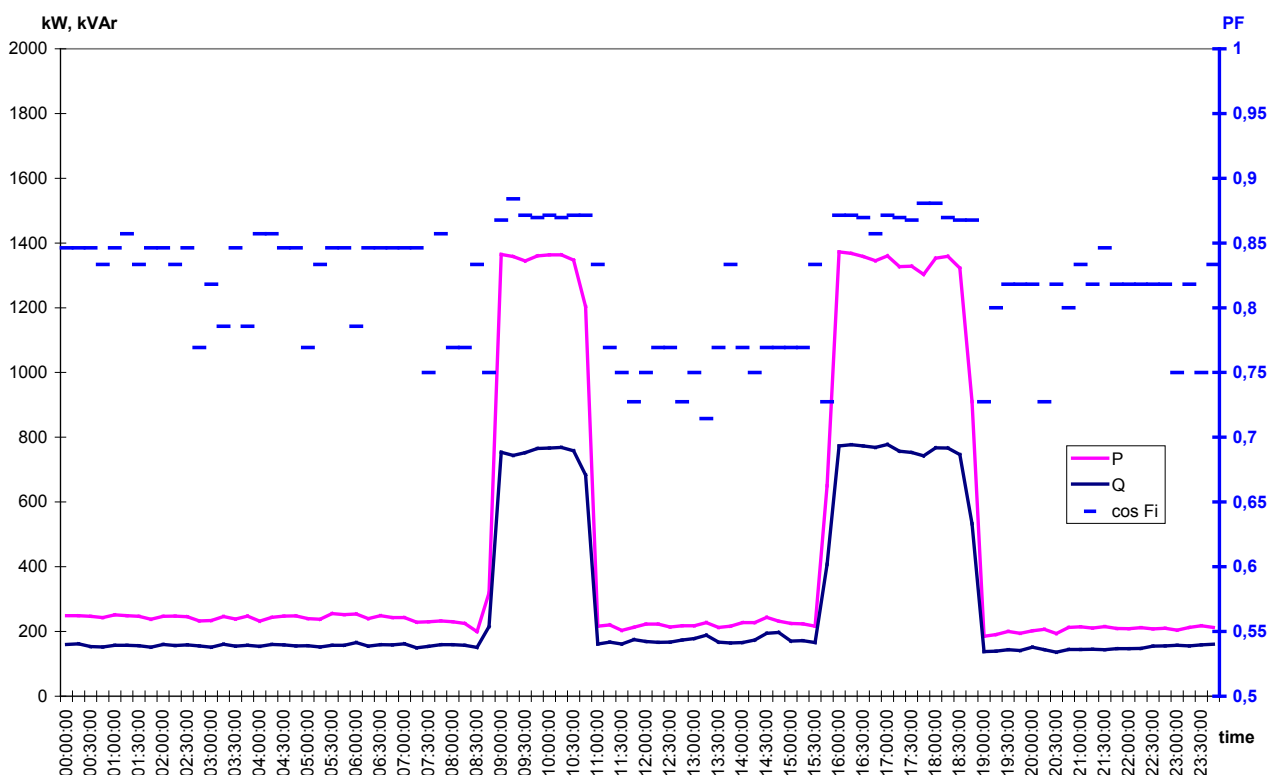


Фиг. 5. Изменение на активната и реактивна мощности за 15-минутен интервал и включена батерия 120kVAr - 19.5.2014г.

Това означава, че около 4 часа в работно денонощие подстанцията ще консумира реактивна енергия над лимитираната. За конкретния ден 19.05.2014 г. е определена надлимитната реактивна енергия за всеки

от 16-те 15 минутни интервала, която възлиза на 112 kVArh.

От фиг. 6 се вижда, че в празнично денонощие не са регистрирани стойности на $\cos\phi$ под нормативните.



Фиг. 6. Изменение на активната и реактивна мощности за 15-минутен интервал и включена батерия 120kVAr - 18.5.2014г.

За компенсация на реактивните товари в ЦРП „Медет“ бяха предложени два варианта – в) и г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От техническа гледна точка оптималното решение е прилагането на динамична компенсация – вариант г). Динамичната компенсация се осъществява с съвременни полупроводникови устройства, които генерират с голямо бързодействие необходимата капацитивна или индуктивна енергия [4]. По този начин се поддържа стойността на $\cos\phi$ в зададените стойности и се изключва възможността за връщане на капацитивна енергия в системата.

По икономически съображения дружеството избра варианта в) и в ЦРП „Медет“ се инсталира кондензаторна уредба на фирма ABB на страна 6 kV, с мощност 330 kVAr, управлявана от контролер [5]. Решението се оказа удачно и след въвеждането в експлоатация през 2016 г., паричните санк-

ции към дружеството за консумиране на надлимитна реактивна електроенергия отпаднаха. Вложената техника е на най-високо световно ниво, а конкретната реализация осъществява ефективна компенсация на реактивната мощност.

REFERENCE

- [1] Stoilov Iv, K. Dzhustrov, OPTIMUM COMPENSATION OF THE REACTIVE LOADS IN ENTERPRISES WITH SYNCHRONOUS ELECTRICMOTORS. Energy Forum, Varna, 2018.
- [2] Kirov R., I. Iliev, Elektroenergiina ефективност. ENA OOD, Varna, 2017.
- [3] Kirov R., I. Iliev, Izsledvane i optimizacia kompensaciata na reaktivnite tovari pri nelineino natovarvane, Energy Forum, Varna, 2015.
- [4] PQC - STATCON, Brochure - ABB, Instantaneous and stepless compensation for dynamic reactive power and unbalanced loads
- [5] ABBACUS - Metal Enclosed Capacitor Bank, Brochure - ABB