

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство - мастер академске студије

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Одржавање техничких система

Број индекса: 323/2014

Далибор С. Добросављевић

ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПРЕЧИШЋАВАЊА ЧВРСТИХ ЧЕСТИЦА ПРИ САГОРЕВАЊУ УГЉА У ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИМ ПОСТРОЈЕЊИМА ПРОАКТИВНИМ ОДРЖАВАЊЕМ

МАСТЕР РАД

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др. Иван Мачужић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Јун, 2016.

У оквиру мастер рада кандидат треба се придржавати орјентационог садржаја:

- Уводни део са назнакама, обухватити проблематику у разradi
- Разлози за примену уређаја за пречишћавање димних гасова у термоелектранама
- Функционални опис система за пречишћавање
- Теоријске основе одржавања
- Управљање процесом одржавања
- Планирање одржавања
- Проактивно одржавање
- Одржавање електрофилтера
- Навести и анализирати могуће отказе електрофилтерског постројења
- Дати предлог побољшања процеса одржавања електрофилтера
- Закључна разматрања

Препоручена литература:

- [1]. Основи одржавања (скрипта) – Петар Тодоровић, Иван Мачужић
- [2]. Техничка дијагностика – Петар Тодоровић, Бранислав Јеремић, Иван Мачужић
- [3]. Техничка документација постројења ТЕ Костолац

Крагујевац,

ментор:

Име, презиме и звање ментора

Др. Иван Мачужић - ментор

1. УВОД	5
1.1. Постројења за производњу електричне енергије	6
1.2. Термоелектране	7
1.3. Технолошки процес производње електричне енергије у ТЕ«Костолац»	8
1.4. Сагоревање угља	10
1.5. Технички опис парног котла БКЗ 200-100 у ТЕ Костолац	11
2. ЕМИСИЈА ЧВРСТИХ ЧЕСТИЦА ПРИ САГОРЕВАЊУ УГЉА	14
2.1. Карактеристике угља (лигнита)	16
3. ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА	20
3.1. Електростатичко пречишћавање	20
3.2. Електростатички филтер	23
3.2.1. Путања димног гаса	24
3.3. Принцип рада електрофилтера	25
3.3.1. Систем отресања	30
3.3.2. Параметри програма чишћења отресањем	31
3.3.3. Управљачки систем електрофилтера	32
3.4. Почетак рада електрофилтера	32
4. ОДРЖАВАЊЕ ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА	35
4.1. Улога и значај одржавања у техничким системима	36
4.1.1. Системски прилаз одржавања техничког система	39
4.1.2. Стања техничког система	39
4.2. Процес одржавања	40
4.3. Одржавање електростатичког филтера	41
4.3.1. Планирање одржавања	41
4.3.2. Превентивно одржавање	42
4.3.3. Функционална дијагностика стања технологије	45
4.3.4. Планирање превентивног одржавања	47
4.3.5. Припрема технолошких поступака и обезбеђење потребних ресурса	48
4.4. Корективно (интервентно) одржавање	50
4.4.1. Пријављивање неисправности и отказа	51
4.4.2. Припрема радова (интервенције)	51
4.4.3. Анализа отказа и интервенције	53
4.5. Ремонтно (инвестиционо) одржавање	53
4.5.1. Планирање ремонта (инвестиционог одржавања)	54

4.5.2. Припрема ремонта	54
4.5.3. Процес реализације ремонта	54
4.6. Предиктивно одржавање	56
4.7. Проактивно одржавање	57
4.7.1. Мониторинг стања	59
4.7.2 Мониторинг стања елемената електрофилтера	59
4.7.3. Дијагностика отказа	60
4.8. Прогностика	63
4.9. Побољшање стања техничког система применом проактивног одржавања	64
4.10. Проблеми у раду електрофилтера и система пнеуматског транспорта	65
4.11. Проактивни приступ одржавања електрофилтера	66
5. КОНТРОЛА И МОНИТОРИНГ РАДА ЕЛЕКТРОФИЛТЕРА	68
5.1. Контрола електрофилтера за време рада	69
5.2. Дневна контрола и мониторинг	69
6. АНАЛИЗА РАДА/УЗРОКА ОТКАЗА БЛОКА А2 У ПРЕДХОДНОМ ПЕРИОДУ .72	
6.1. Узроци отказа електрофилтерског постројења	74
6.2. Одржавање компоненти за отерсање	74
6.3. Побољшање и унапређење процеса одржавања	78
6.4. Активности при ремонту у циљу повећања поузданости	79
7. ЗАКЉУЧАК	80
8. ЛИТЕРАТУРА	82

Резиме

Електростатички филтери су у свом раду изложени различитим утицајима, као што су температура и притисак димног гаса, специфична отпорност пепела, величина честица пепела, састав угља, услови рада котла итд. Из ових разлога је веома тешко одржавати електрофилтер у оптималном режиму рада. Да би се то остварило потребно је да цео систем, од котла до димњака, буде оптимално подешен у циљу остваривања максималне ефикасности чишћења димног гаса.

У раду је обрађена проблематика рада електростатичких филтера, који су у широкој употреби у различитим индустријско-технолошким процесима због могућности ефикасног издвајања честица, код врло високих гасних протока, уз минималан пад притиска у димном каналу. Електрофилтери нису од пресудног значаја за рад термоелектране. Они, технички гледано, могу да функционишу и без њих. Међутим, ако се пође од података да се чак од 100% тежине угља који улази у котлао „погонског горива” по сваком произведеном киловатчасу чак 8% се претвара у летећи пепео, сасвим је јасно да су блокови без уграђених филтера незамисливи.

Увођење проактивног система надзора електрофилтерског постројења у термоелектранама у циљу што квалитетнијег управљања опремом, али и одржавања је постала неминовност. Тиме би се подигла ефикасност рада свих система у Термоелектрани, остварили би се задати биланси са аспеката временског и капацитетног искоришћења опреме и производње, али и смањење укупних трошкова у производњи електричне енергије.

Кључне речи: електрофилтер, одржавање, димни гасови

Summary

Electrostatic filters are exposed to the work program in her various influences, such as temperature and pressure of the flue gas, the specific resistance of ash particle size of the ash of coal, working conditions, etc. of the boiler. For these reasons it is very difficult to maintain optimum electrostatic mode. In order to achieve this it is necessary that the entire system from the boiler to the chimney, is optimally configured in order to achieve maximum efficiency flue gas cleaning.

Office deals with the work of electrostatic filters, which are uširokoj use in a variety of industrial and technological processes due to the possibility of efficient separation of particles, at very high gas flow with minimal pressure drop in the flue duct. Electrostatic are not crucial to the operation of thermal power plants. One, technically speaking, can the worth of the i beznjih. However, if we start from the data that even 100% by weight of coal entering the boiler „ fuel "for each kilowatt-hour produced as much as 8% is converted to fly ash, it is clear that the blocks without a built-in filter unimaginalbe.

The introduction of a proactive system of control of electrostatic precipitators in thermal power plants with the aim of kavalitetnijeg equipment management, and maintenance has become inevitable. Time to raise the efficiency of all systems in thermal power plant, made to specify balances with aspects of time and equipment to capacity utilization and production, but also reduce the total cost of electricity production.

Keywords: electrostatic, maintenance, flue gas

1. УВОД

У електроенергетском систему Електропривреде Србије од укупно 7347 MW расположиве нето снаге 54% се налази у термоелектранама на угаљ, нешто мање од 5% у термоелектранама топланама на гас и мазут, а остатак у хидроелектранама.

Постигнути технички параметри омогућили су да сопственом производњом, ЕПС на годишњем нивоу у просечним хидролошким условима може да обезбеди и до 98% потреба за електричном енергијом у Републици Србији. Достигнута производна спремност свих капацитета је тешко одржива у дужем периоду због низа ограничења од којих су најважнији:

- техничка ограничења енергетских објеката у оквиру ЕПС-а због великог броја радних сати на мрежи;
- несметани рад термо блокова је могућ једино у случају усклађивања са Директивом о индустријским емисијама у делу који се односи на ограничење емисија загађујућих материја - сумпор диоксида (SO_2), азотних оксида (NO_x) и прашкастих материја.

У таквим околностима Електропривреда Србије извршиће анализу могућности рада поменутих блокова снаге мање од 300 MW у наредном радном циклусу. У изради анализе потребно је да се узму у обзир следеће чињенице:

- Технички показатељи досадашњег рада блокова, исказани кроз њихово ангажовање у електроенергетском систему, експлоатационе параметре рада и тренд њихових промена, трошкове одржавања са реализованим и планираним ремонтима.
- Ограничења будућег рада блокова који је условљен неопходним усаглашавањем са условима које поставља регулатива ЕУ и Уговор о оснивању Енергетске заједнице земаља југоисточне Европе.

Улога блокова А1 и А2 у термоелектранама у Костолцу је специфична, јер они поред производње електричне енергије, производе и топлотну енергију за даљинско грејање Костолца и Пожаревца, а блок ТЕКО А1 и помоћну пару за старт блокова ТЕКО А2 и ТЕКО Б.

При сагоревању угља у термоиндустријским процесима концентрација чврстих честица у димном гасу термоенергетских постројења је значајна, па из тог разлога неопходно је пречишћавање димних гасова. За пречишћавање чврстих честица у димном гасу користе се електрофилтерска постројења. Електрофилтерска постројења морају бити прилагођена захтевима животне средине, где је дозвољен степен емисије чврстих честица у атмосферу испод 50 mg/m^3 .

Одржавање електрофилтерског постројења као функција и део процеса производње заузима важно место у производном систему, посебно у испуњавању све већих захтева у погледу заштите животне средине. Због тога одржавање и ремонт захтева пре свега рационалну организацију одржавања и ремонта како би се технички систем одржао што дуже у исправном стању или довео у исправно стање.

У овом раду су анализирани начини и проблеми одржавања на основу искуства из праксе. Савремене тенденције у области одржавања иду у правцу продужења радног века техничког система, продужења радног периода између ремонта, скраћивања ремонтног

периода, до оптималне вредности зависне од великог броја фактора, уз постепени прелаз одржавања према утврђеном стању, својствима и планираном будућем стању система.

Одржавање система се може дефинисати на много начина, један од њих је, да је одржавање “спровођење свих мера нужних да би један технички систем (машина, постројење или цела фабрика) функционисао на прописан начин, развијајући перформансе у прописаним границама, тј. са траженим учинцима и квалитетом, без отказа и уз прописано обезбеђење животне околине, а под претпоставком добре обезбеђености свих услова, односно уз потребну људску подршку”.

Увођењем аутоматског система управљања радом електрофилтера омогућено је праћење кључних параметара чиме се омогућује благовремена дијагностика стања елемената. Из тог разлога превентивно и корективно одржавање добило је посебан значај и улогу и директно и индиректно утиче на поузданост електрофилтерског постројења. Анализом "слабих" места која могу бити узрок отказа електрофилтерског постројења одређује се план одржавања и мере за отклањање истих.

1.1. Постојења за производњу електричне енергије

Електране су постројења у којима се производи електрична енергија. Њихов основни задатак је да произведу потребне количине електричне енергије када постоји потреба за електричном енергијом. Електране су део електроенергетског система, а веома ретко се јављају као изолована постројења у којима се електрична енергија производи само за одређене потрошаче.

Улога и режим рада електрана у електроенергетском систему зависи, с једне стране од способности електрана да се прилагоде брзим промена оптерећења (најбоље се могу искористити акумулационе електране и електране на гас) и с друге стране, да испуњава захтеве да се потребна енергија произведе са што мање трошкова. Електране које покривају потрошњу у горњем делу дневног дијаграма оптерећења (у периодима већег оптерећења) називају се вршним електранама, а оне које имају задатак да раде за потрошњу у доњем делу дијаграма основним електранама (електране основног оптерећења).

Према начину производње електране се деле на конвенционалне и неконвенционалне. У конвенционалне електране се убрају:

- Термоелектране на чврсто гориво (угаљ, нуклеарно гориво);
- Термоелектране на течено гориво (мазут);
- Хидроелектране.

У неконвенционалне електране се убрају:

- Термоелектране на гас (земни и био);
- Геотермалне електране;
- Соларне електране;
- Еолске електране (ветрењаче);
- Електране на таласе мора, итд.

1.2. Термоелектране

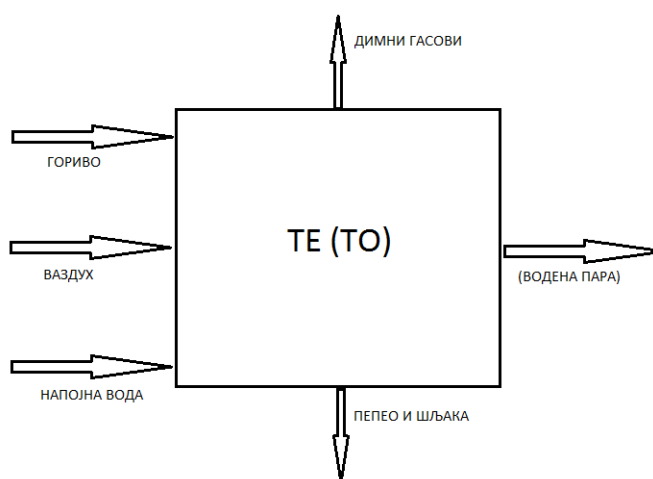
Термоелектране су постројења у којима се електрична енергија производи из топлотне енергије садржане у гориву.

Главне поделе термоелектрана на фосилно гориво су према:

- Врсти производне енергије. Разликују се термоелектране које одају само електричну енергију (кондензационе ТЕ) и термоелектране-топлане (ТЕ-ТО), које поред електричне одају и топлотну енергију путем носиоца топлоте (водене паре или топле воде), који се користе за технолошке процесе и грејање.
- Врсти коришћеног горива: разликују се термоелектране на чврсто гориво (угаљ), течено (нафта и нафтни деривати), гасовито гориво (природни гас) и на комбинацију два или три горива.
- Типу основне турбине: Разликују се термоелектране са парним и гасним турбинама, односно конбиновани процес када су примењена и парна и гасна турбина.

На избор локације градње термоелектране утичу следећи фактори:

- Тежиште оптерећења потрошње (првенствено просторни распоред трансформаторских станица);
- Цена земљишта;
- Количина расположиве воде;
- Локација угљенокопа, ради што мање цене транспортних трошкова;
- Трошкови грађевинских радова;
- Близина индустрије;
- Могућност проширења капацитета;
- Близина важних потрошачких центара;
- Екологија;
- Естетика;
- Војно-одбрамбени захтеви.



Слика1: Шематски приказ улазно/излазних продуката и флуида за ТЕ/ТО

Улазни флуиди термоелектрана су:

- Гориво;

- Ваздух;
 - Напојна вода;
- Излазни продукти процеса чине:
- Димни гасови;
 - Водена пара;
 - Пепео и шљака.

1.3. Технолошки процес производње електричне енергије у ТЕ«Костолац»

Технолошки процес производње електричне енергије (слика 2), изузетно је сложен у коме се врши трансформација енергије следећим редоследом: Хемијска енергија (сагоревање угља у котлу), трансформише се у топлотну енергију водене паре, која се помоћу турбине трансформише у механичку енергију, док се механичка енергија трансформише у електричну помоћу генератора. За пренос електричне енергије до потрошача, преко мреже далековаода, врши се трансформација напона помоћу трансформатора.

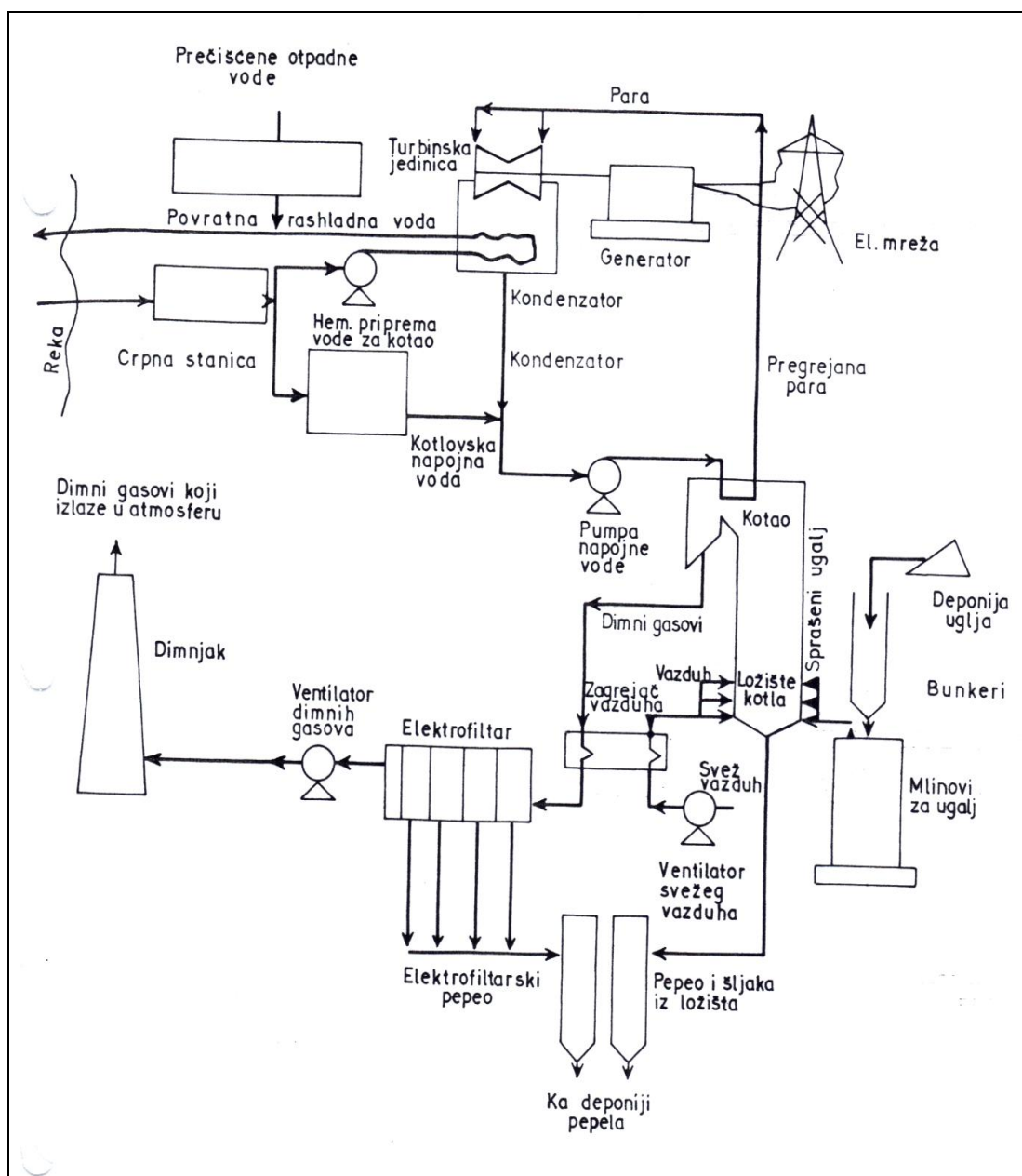
У ложишту котла сагорева гориво (угаљ, течно гориво, гас) и производи се топлотна енергија која загрева воду у котлу. Ради бољег сагоревања користе се вентилатори који убацују кисеоник у ложиште. Загревањем воде у котлу добија се водена пара која се користи за покретање турбине. За покретање турбине потребна је потпуно сува водена пара, па се за њено сушење користи прегрејач паре. Тако осушена пара доводи се у парну турбину, која покреће генератор, који на свом излазу ствара, (производи) електричну енергију.

Уређаји и постројења блокова смештена су по објектима: Главном погонском објекту–ГПО (котларница, машинска сала, електро и трансформаторска постројења), постројење допреме угља, постројење транспорта пепела и шљаке, постројење хемијске припреме воде-ХПВ, црпна станица воде, нафтна станица, мазутна станица, пропан бутан станица, складиште водоника, складиште азота, складиште техничких гасова, складиште уља и мазива, електроенергетска разводна постројења, магацини резервних делова, управно – техничке зграде итд.

Угаљ са површинског копа „Дрмно” шаље се системом транспортера са траком, преко косих мостова у котловске бункере за угаљ. Да би се извршио процес сагоревања, угаљ као основно гориво треба припремити, на тај начин што се прво уситни на одређену финоћу, а затим се доводи у ложиште помоћу струје загрејаног ваздуха, посредством горионика. Из котловских бункера преко дозатора и додавача, угаљ се убацује у рециркулациони канал где се суши при слободном паду и пада на ударне плоче вентилаторских млинова, где се меље и уситњава у угљену прашину спремну за сагоревање. Аеро смеша (угљена прашина и ваздух) убацује се у ложиште котла кроз горионике где сагорева.

Процес сагоревања у котлу, после обезбеђивања услова за потпалу, отпочиње паљењем пропан-бутан гаса, који својом потпалом пали мазут (блокови у ТЕКО-Б) и евро дизел или гасно уље, екстра лако (блокови у ТЕКО-А). Након постизања одређених параметара у котлу убацује се смеша угљеног праха и ваздуха. Сагоревањем аеро смеше у котлу долази до загревања хемијски припремљене воде преко грејних површина котла као што су: економајзер, испаривачи, прегрејачи, међупрегрејачи итд. Прегрејана пара температуре 535°C и притиска (90 до 130) бара из котла системом паровода долази у цилиндри турбине. У међулопатичном простору турбине водена пара експандира делујући

акционо-реакционим дејством на лопатице турбине услед чега се ротор турбине окреће. Механичка енергија коју генератор прима од турбине претвара се у електричну. Услед рада генератора долази до његовог загревања, па је потребно хлађење генератора. Хлађење ротора генератора се врши водоником, зато што водоник има највећу топлотну проводљивост од свих гасова, који је под притиском у генератору од 3 бара. Систем је конципиран као затворен технолошки систем, што значи да није предвиђено испуштање водоника у погону током нормалног рада. За заптивање водоника у генератору користи се уље за заптивање под притиском, који је већи од притиска гаса у генератору. Хлађење намотаја статора генератора врши се деми водом, водом која се употребљава и за термодинамички циклус.



Слика 2: Шематски приказ производње електричне енергије

1.4. Сагоревање угља

Код котлова са сагоревањем у простору, за потпалу и евентуално одржавање ватре, као помоћно гориво обично је предвиђен мазут или евро дизел. Код течних и гасовитих горива припрема је знатно једноставнија. Код течних је потребно извршити распршивање како би се створила мешавина паре, течног грива и ваздуха која потом сагорева. Да би се остварило потпуно сагоревање, треба извршити правилан одабир горионика. Код гасовитих горива потребно је стално мешање са ваздухом. Сагоревање се врши помоћу гасних горионика (пламеника).

При сагоревању у простору, чврсто гориво се прво уситни на одређену финоћу помоћу млинова, а затим доводи у ложиште помоћу стубе загрејаног ваздуха, посредством кисеоника. Мешавина самлевеног угља и ваздуха пали се у ложишту.

Код угља мале топлотне моћи, често се користи рецикулација димних гасова, тако што се део димних гасова из ложишта враћа у млинове. На тај начин се врши сушење угљене прашине у млиновима и постиже се потребна температура мешавине за сагоревање.

- Котловско постројење – да би се обавило сагоревање, гориво треба припремити, довести до температуре паљења и уз довођење кисеоника извршити његово сагоревање.
- Припрема горива има за циљ повећање површине горива која ће доћи у контакт са ваздухом, што се обично постиже распршивањем.
- Чврста горива могу сагоревати на решетки, слојно, (код котлова до 100t/h) или у простору.

Код сагоревања на решетки, руковање ложиштем обухвата три најважније операције:

- Довод горива на решетку, односно ложиште;
- Расподелу горива по решетци;
- Уклањање пепела и шљаке.

Предности и недостаци сагоревања горива у простору, у односу на сагоревање на решетки су:

Предности:

- Могу се израђивати ложишта великих снага (јер нема гломазних решетки)
- Истовремено се могу користити горива различитих карактеристика;
- Постиже се висок степен искоришћења ложишта (нема пропадања горива кроз решетке, потребно је мање ваздуха итд.);
- Ваздух се може загревати до виших температура (неће се угрозити решетка).

Недостаци:

- Велика потрошња енергије за млевање угља и за рад вентилатора који доводе свеж ваздух;
- Велико трошење обртних делова млинова за угаљ;
- Неопходна уградња филтера за димне гасове ради уклањања цестица пепела и несагорених састојака горива.
- Тежа могућност рада котла са мањим оптерећењем (најмање 30-50% назначене снаге).
- Опасност самозапаљења угљене прашине.

Блок А2 у термоелектрани у Костолцу, чини један котао проточног типа капацитета 600 t/h паре и турбоагрегат снаге 210 MW. Димни гасови се пречишћавају у електрофилтерском постројењу одакле одлазе кроз димњак у атмосферу.

1.5. Технички опис парног котла БКЗ 200-100 у ТЕ Костолац

Парни котао представља отворени тј. проточни систем за трансформисање енергије. Са термодинамичке тачке гледишта парни котао, тј. његове грејне површине представља размењивач топлоте. Основна намена парног котла је производња паре притиска вишег од атмосферског која се може користити за добијање механичког рада, за грејање и за индустријске процесе или за комбиновану производњу механичког рада и топлоте. Са конструктивног становишта најчешћи основни елементи парног котла су: котловско ложиште, котао у ужем смислу, прегрејачи паре и накнадне грејне површине. Ложиште треба да омогући ослобађање хемијски везане енергије горива која се сагоревањем горива претвара у топлоту.

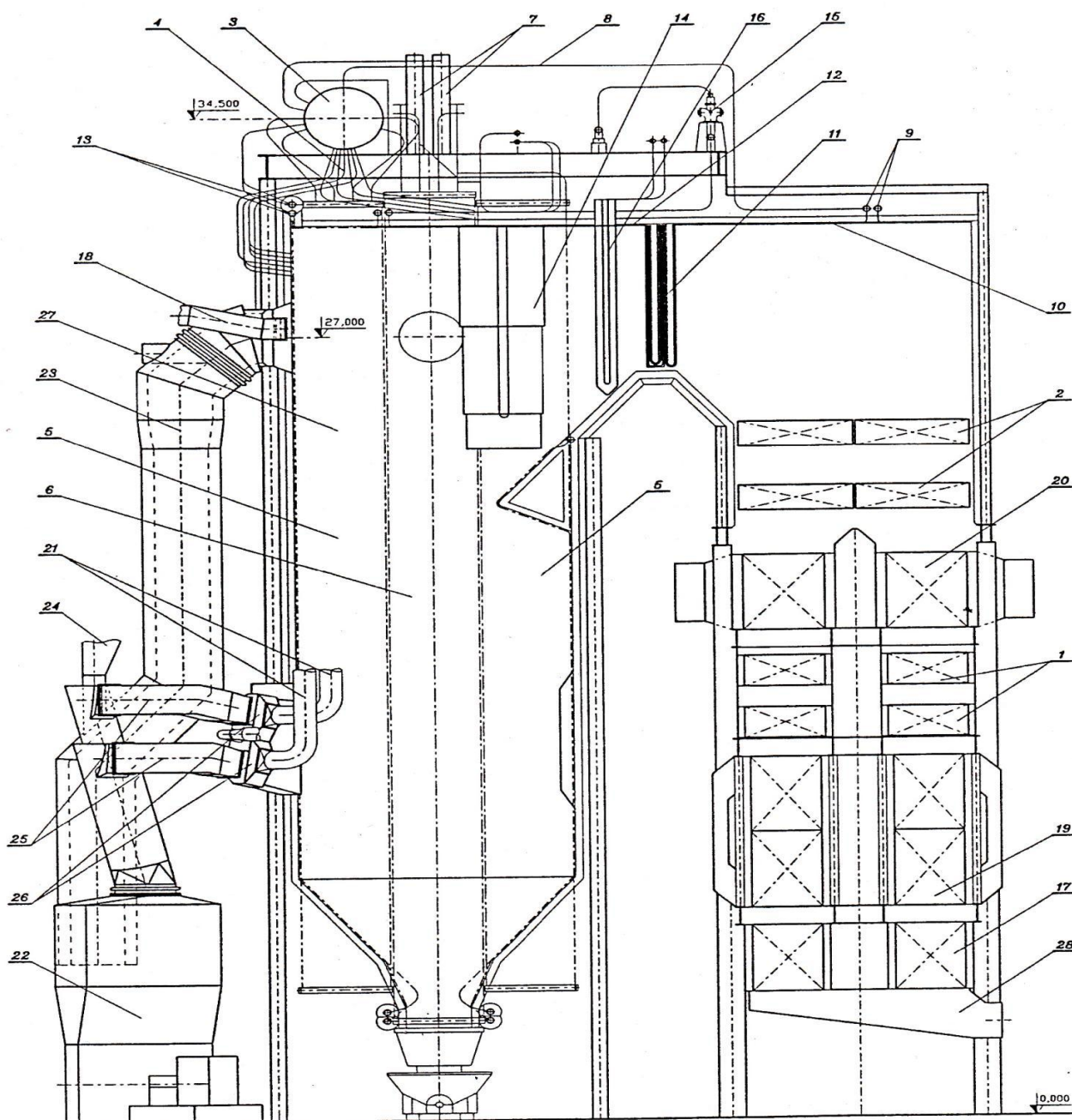
Сви остали наведени елементи котла су измењивачи топлоте. Као и у сваком размењивачу топлоте и код парног котла постоји предајник и пријемник топлоте. Предајник топлоте су продукти сагоревања, а пријемник топлоте је топла, врела и кључала вода, засићена, прегрејана пара, хладан и загрејан ваздух.

Парни котлови у ТЕ „Костолац“ А пројектовани су за костолачки лигнит доње топлотне моћи 7600 kJ/kg са садржајем влаге $W_p = 38,5\%$ и садржајем пепела $A_p = 27\%$. Изведени су по П систему. Карактеристике котла дате су у табели 1:

Табела 1: Карактеристике котла у ТЕ Костолац

Капацитет:	200 t/h
Радни притисак из главног парног вентила:	100 bar
Температура напојне воде:	215°C
Температура прегрејане паре:	540°C
Водена запремина котла:	61 m ³
Парна запремина котла:	21 m ³
Потрошња горива:	84.000 kg/h
	84,5%

Поједностављена диспозиција парног котла приказана је на слици 3. За сагоревање овог горива котао је опремљен са четири вентилаторска млина са правопроточним горионцима угљене прашине, смештених на угловима ложишта. Ложиште је постављено у првом пењућем делу димних гасова. У другом спуштајућем делу димних гасова смештен је економајзер воде и загрејач ваздуха, који су инсталирани у такозваном „раздељеном“ облику. У горњем хоризонталном делу гасовода, смештен је прегрејач паре. Напојна вода се доводи у загрејач који је изведен у два степена: први (1) и други (2) између којих је, по току гасова, смештен други степен загрејача ваздуха. Оба степена загрејача су изведена са по четири пакета. Димензије цеви су $\phi 32,5$ мм у шаховском поретку са уздужним кораком 90 мм и попречним кораком 55 мм. Наструјавање димних гасова и воде је супротносмерно попречно.



Слика 3. 1. Диспозиција парног котла БКЗ 200-100 у ТЕ „Костолац А“. 1. Први степен загрејача воде; 2. Други степен загрејача воде; 3. Котловски добош; 4. Спусне цеви; 5. Крајње секције бочних зидова; 6. Средње секције бочних зидова; 7. Спољашњи циклони; 8. Преструјне цеви; 9. Троделни сабирник; 10. Претпрегрејач паре; 11. Конвективни прегрејач паре; 12. Плафонски прегрејач паре; 13. Троделни улазни колектор полуозраченог прегрејача паре; 14. Полуозрачени прегрејач паре; 15. Дводелни улазни колектор излазног прегрејача паре; 16. Излазни прегрејач паре; 17. Први пакет првог степена загрејача ваздуха; 18. Прикључак за увођење примарног ваздуха у главу рециркулационог канала; 19. Други пакет првог степена загрејача ваздуха; 20. Други степен загрејача ваздуха; 21. Прикључци за увођење секундарног ваздуха у горионике; 22. Вентилаторски млин; 23. Рециркулациони канал; 24. Прикључак за довод угља; 25. Канали за аеросмешу; 26. Горионици; 27. Ложиште; 28. Прикључак за димни канал.

Ваздух за сагоревање се помоћу два радијална вентилатора доводи у први пакет првог степена загрејача (17), после кога се дели на две струје: примарни ваздух који се кроз прикључке (18) уводи у главу рецикулационог канала и секундарни и терцијални који се најпре одводе у други пакет првог степена (19) и други степен загрејача (20). После загревања до коначне температуре секундарни ваздух се кроз прикључке (21) одводи у горионике, а терцијални служи за догоревање и убада се у котао одмах изнад хладног левка. Димни гасови након изласка из котла димним каналима (28) се пречишћавају у електрофилтерском постројењу одакле одлазе посредством вентилатора хладног димног гаса кроз димњак у атмосферу.

2. ЕМИСИЈА ЧВРСТИХ ЧЕСТИЦА ПРИ САГОРЕВАЊУ УГЉА

При сагоревању угља у термоелектранама карактеристике угља представљају основни улазни податак при одређивању његовог утицаја на животну средину, а самим тим и за прорачун параметра струје димног гаса и постројења за смањење емисије честица прашине у атмосферу. Код нас се користи лигнит из површинских копова, колубарског, косточачког и косовског басена. Колубарски и косточачки лигнити који сагоревају у индустријским процесима карактеришу ниска топлотна вредност и релативно висок садржај воде и пепела.

За смањење емисије штетних материја на термоенергетским постројењима уграђени су уређаји за смањење емисија честица у ваздуху, електрофилтери, и високи димњаци помоћу којих се врши разблаживање осталих штетних материја које се емитују. Уграђени електрофилтери у највећем броју термоелектрана у Републици Србији раде са пројектованим степеном ефикасности који не задовољавају садашњу законску регулативу Републике Србије ни Европске Уније.

Аеро загађење ваздуха може бити у гасовитом, парном и чврстом (ситне честице) агрегатном стању. Најчешћи је резултат велике концентрације сумпорних, угљеникових оксида и чврстих честица тз. индустријски смог. Загађујуће компоненте имају штетан утицај на човека, биљни, животињски свет и окружење. Какво и колико дејство на еко систем ће бити зависи од врсте загађујуће компоненте, њене концентрације, дужине временског утицаја, међусобне реакције примарних загађивача. Поред емисије загађивача, температурна инверзија ваздуха и последично кретање ваздуха утиче на концентрацију загађивача у атмосфери.

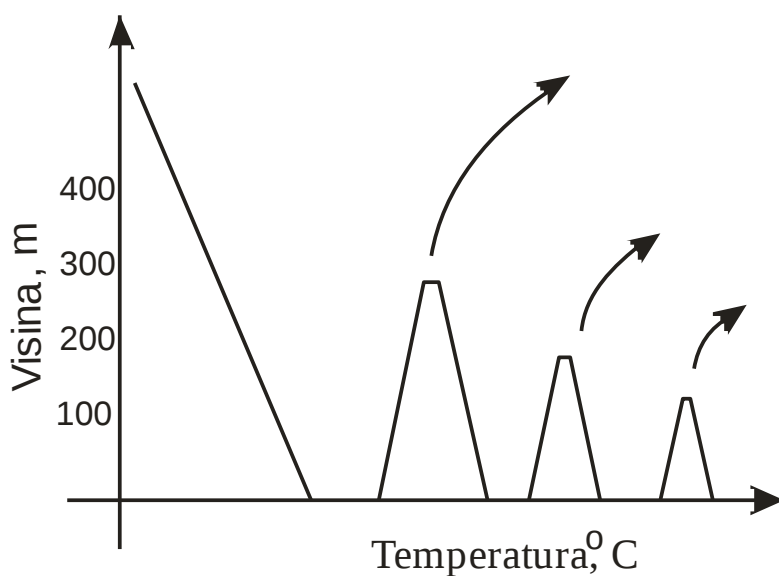
Извори гасова и чврстих честица које загађивачи емитују директно у атмосферу представљају примарна загађења. Загађивачи који се формирају у атмосфери као последица физичких и хемијских процеса представљају секундарне загађиваче. Сумпорни оксиди и угљоводоници који настају сагоревањем угља представљају примарне загађиваче, док озон који настаје као последица интеракције примарних назива се секундарни загађивач.

На распрострањање загађујућих компоненти у атмосфери значајну улогу има промена температуре ваздуха и висина на којој се емитује загађивач.

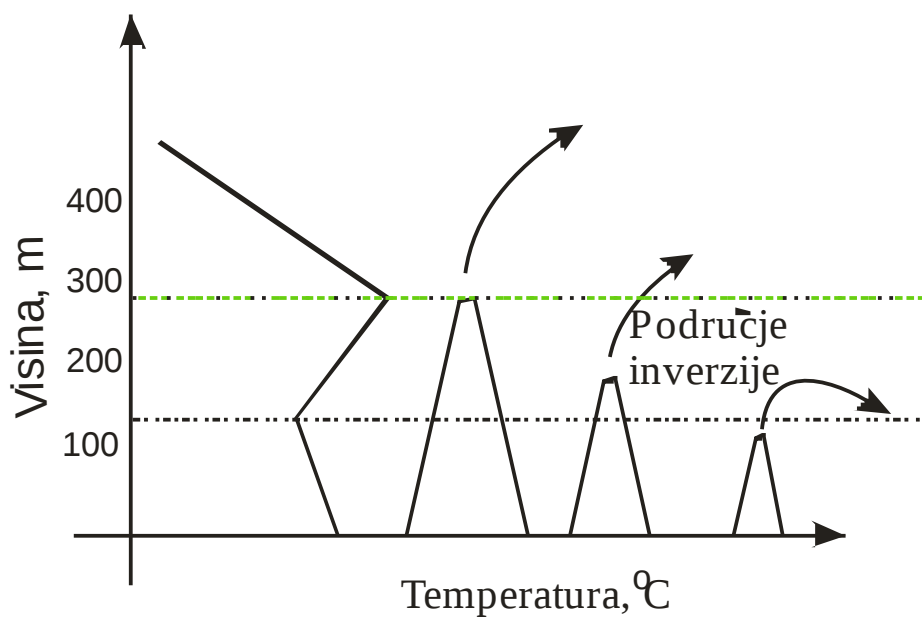
Висина на којој се емитује загађивач (димњака) зависи од:

- ваздушних кретања, ваздушног притиска,
- температурног градијента, односно висинске температурне разлике,
- врсте загађујућих компоненти које се емитују.

Висина димњака који емитује више различитих загађујућих компоненти одређује се према компоненти која захтева највећу висину.



а) стабилна атмосфера



б) инверзија у атмосфери

Слика 4: Распростирање загађујућих компоненти

Загађујуће компоненте настају у процесима производње енергије. С обзиром на енергетску структуру Србије где је основни носилац фосилне енергије лигнит – угаљ ниског енергетског нивоа, при његовом сагоревању настаје значајна емисија загађујућих компоненти угљен диоксида, азотних оксида, сумпорних оксида, чађи и пепела, чији ниво зависи од технологије сагоревања и ефикасности пречишћавања продуката сагоревања.

2.1. Карактеристике угља (лигнита)

Под карактеристикама угља подразумева се техничка и елементарна анализа угља, као и степен емисије чврстих честица, односно део укупног пепела који се емитује у атмосферу путем димних гасова.

При одређивању утицаја карактеристика угља на животну средину који се користе у технолошком процесу у термоелектранама неопходно је извршити анализу:

- угља коришћеног у претходном периоду,
- резултата мерења карактеристика димног гаса и мерења емисија загађујућих материја,
- карактеристика и квалитета угља који ће се користити.

Анализа карактеристика угља који се користи у ТЕ Костолац дате су у табели 2.

У ТЕ Костолац А се користи лигнит. Његов квалитет је променљив, углавном се користи угаљ слабијег квалитета. За нормалне услове рада за гаранцијска и остала испитивања, гориво ће имати параметре у оквиру доле наведених граница.

Табела 2: Карактеристике угља у ТЕ Костолац

Угљеник	21.99%
Пепео	22,89 %
Влага	42.17 %
Водоник	2.14
Сумпор	1,25 %
Азот	0.56 %
Кисеоник	9.00 %

Карактеристике угља након сагоревања у ТЕ Костолац приказане су у табели 3.

Табела 3: Емисионе карактеристике угља у ТЕ Костолац

Угаљ	Топлотна моћ kJ/kg	Садржај пепела %	Емисије пепела g пепела / MJ
	6 100	28,00	34,6

Чврсте честице као продукт сагоревања угља (табела 4), један су од основних загађивача околне средине. Емисија чврстих честица зависи од потрошње горива, садржаја пепела у угљу и од ефикасности рада електрофилтерског постројења.

Табела 4: Параметри горива

Параметар	Минимум	Квалитет угља	Максимум
Влажност према маси	37%	38.5 %	41%
Проценат пепела у гориву (сувог)	22%	27.5 %	30%
Сумпор	1.1 %	0.8 %	1.3%
Угљеник		21.5 %	
Водоник		2.1 %	
N ₂ + O ₂		9.6 %	
Доња калорична вредност	6600 KJ/kg	7600 kJ/kg	8000 kJ/kg
Сагоревање горива при номиналном капацитету		328 t/h	

За нормалан рад и за гаранцијска и друга испитивања перформанси, пепео из електрофилтера ће имати параметре дате у табели 5.

Табела 5: Продукти сагоревања угља

Састојци у пепелу	%
SiO ₂	53.5
Fe ₂ O ₃	7.5
Al ₂ O ₃	19.9
CaO	6.2
MgO	1.3
TiO ₂	1.0
SO ₃	2.8
P ₂ O ₅	0.1

Дозвољене граничне вредности емисије чврстих честица у атмосферу на основу законске регулативе у нашој Републици и Европске уније приказане су у табели 6.

Табела 6: Граничне вредности емисије чврстих материја

Емисија	Домаћа регулатива ГВЕ mg/ m ³		Регулатива EU GVE mg/ m ³	
	< 300 MWth	> 300 MWth	< 500 MWth	> 500 MWth
Честице	100	50	100	50

С обзиром да угаљ сагорева у термоиндустиским процесима, такви процеси морају бити прилагођени захтевима животне средине:

- у циљу смањивања емисија честица прашине у атмосферу мора постојати постројење за издвајање чврстих честица и пепела из димних гасова,
- депонија пепела и шљаке мора бити формирана тако да су предузете мере од утицаја на животну средину довољно ефикасне. То се постиже одговарајућим технологијама прикупљања, транспорта и депоновања пепела и шљаке,
- адекватним третманом отпадних вода,
- у циљу смањивања емисија сумпор-диоксида (SO₂), мора постојати постројење за одсумпоравање димних гасова. Сумпор је у значајној мери присутан у овим лигнитима и треба га неутралисати.

За процес одстрањивања чврстих честица из димних гасова најзначајнији параметри квалитета референтног угља (параметри елементарне анализе) су:

- Доња топлотна моћ Hd (KJ/kg),
- Пепео,
- Влага,
- Укупни сумпор,
- Угљеник,
- Кисеоник,
- Водоник,
- Азот.

Квалитет референтног угља и усвојени параметри сагоревања одређују карактеристике димних гасова, тако да референтни параметри димног гаса одређују тип процеса пречишћавања димних гасова. Референтни параметри димног гаса су:

- Доња топлотна моћ угља,
- Температура димних гасова,
- Коефицијент вишка ваздуха λ,
- Степен емисије сумпора,
- Проток димног гаса (сув гас, 0⁰C, 1013 mbar),
- Проток димног гаса (влажни гас, 0⁰C, 1013 mbar),
- Садржај воде у димном гасу (0⁰C, 1013 mbar),
- Садржај кисеоника у димном гасу,
- Садржај честица у димном гасу (сув, 6% O₂),
- Емисија CO₂,
- Коцентрација CO₂ у димном гасу (сув, 6% O₂),
- Коцентрација NO_x у димном гасу (сув, 6% O₂).

Напомена: У загради дате су стандардне вредности при којима се одређују вредности референтних параметара.

У термоелектрани „Костолац А“ на блоку А2-210MW, уграђен је електрофилтер, где је степен емисије чврстих честица у атмосферу испод 50 mg/m^3 . Пепео издвојен из електрофилтера као и шљака која настаје сагоревањем угља у котлу хидрауличким путем се транспортује у односу један део пепела на десет делова воде, на отворено одлагалиште, депонију пепела. У циљу спречавања еолске ерозије пепела пасивне касете се штите сејањем вишегодишњих трава. Активне касете се штите одржавањем воденог огледала, а суве површине се прскају водом при сувом и ветровитом времену. Циљ је да се у наредном периоду наведени еколошки проблем реши технологијом хидрауличног транспорта у односу воде и пепела 1:1.

3. ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА

Извори гасова и чврстих честица које загађивачи емитују директно у атмосферу представљају примарна загађења. Загађивачи који се формирају у атмосфери као последица физичких и хемијских процеса представљају секундарне загађиваче. Сумпорни оксиди и угљоводоници који настају сагоревањем угља представљају примарне загађиваче, док озон који настаје као последица интеракције примарних назива се секундарни загађивач.

Највећи број примарних загађивача емитују се у атмосферу као последица сагоревања, испаравања, млевења и чишћења. Најчешће настају у процесима производње енергије. С обзиром на енергетску структуру Србије основни носилац фосилне енергије је лигнит – угаљ ниског енергетског нивоа. При сагоревању овог енергента настаје значајна емисија загађујућих компоненти угљен – диоксида, азотних оксида, сумпорних оксида, чађи и пепела.

Производни поступци при којима долази до сагоревања угља емитују у ваздух широк спектар загађујућих супстанци при чему се емитовање неких може лако и без већих издатака спречити. Неке супстанце се тешко, а неке уопште не могу спречити.

С обзиром да угаљ сагорева у термоиндустријским процесима, такви процеси морају бити прилагођени захтевима животне средине:

- у циљу смањивања емисија честица прашине у атмосферу мора постојати постројење за издвајање чврстих честица и пепела из димних гасова,
- депонија пепела и шљаке мора бити формирана тако да су мере од утицаја на животну средину довољно ефикасне, што се постиже технологијама прикупљања, транспорта и депоновања пепела и шљаке,
- адекватним третманом отпадних вода,
- у циљу смањивања емисија сумпор-диоксида (SO_2), мора постојати постројење за одсумпоравање димних гасова.

3.1. Електростатичко пречишћавање

За издвајање честица свих величина, (пречника) при сагоревању угља користе се електрофилтери који раде на принципу електростатичког издвајања. Користе се за димне гасове до 450°C . Електростатичко пречишћавање базира се на јонизацији гаса, при чему јони гаса формирани око короне (стање високог напона) под утицајем електричног поља се крећу према таложној електроди. Чврсте честице се таложе на таложним електродама одакле се сакупљају отресањем или прањем.

При конструисању или избору електрофилтера основни чиниоци које треба узети у обзир су:

1. врсте и карактеристике честица,
2. специфична електрична отпорност прашине при одређеним условима,
3. област величине честица које треба издвојити из ваздушне струје,
4. концентрација честица при одређеним условима,

5. састав гасне смеше,
6. опсег температура при којима се врши издвајање и
7. опсег протока гаса кроз уређај.

Предности електрофилтера су:

- погодност за велике запреминске протоке гасова,
- мали пад притиска и температуре у уређају,
- висок степен издвајања честица,
- релативно ниски трошкови радне експлоатације и одржавања.

Недостаци електрофилтера су:

- велики инвестициони трошкови,
- непримењивост на експлозивне гасове и прахове,
- захтевају велики простор.

При изради електростатичког филтера врши се процена пројектованих услова емисије и ефикасност отпрашивања:

Пројектни услови емисије ће се израчунати уз помоћ једначине:

$$\text{Ефикасност} = 1 - e^{-(A_w/Q_a)}$$

Степен ефикасности уклањања прашине израчунава се:

$$\eta = (1 - e^{-wD \times A} / V) \times 100 [\%]$$

η - ефикасност уклањања

wD - брзуина уклањања (у зависности од прашине, угља)

V - запремина димних гасова

A - зона укупних површина електрофилтера.

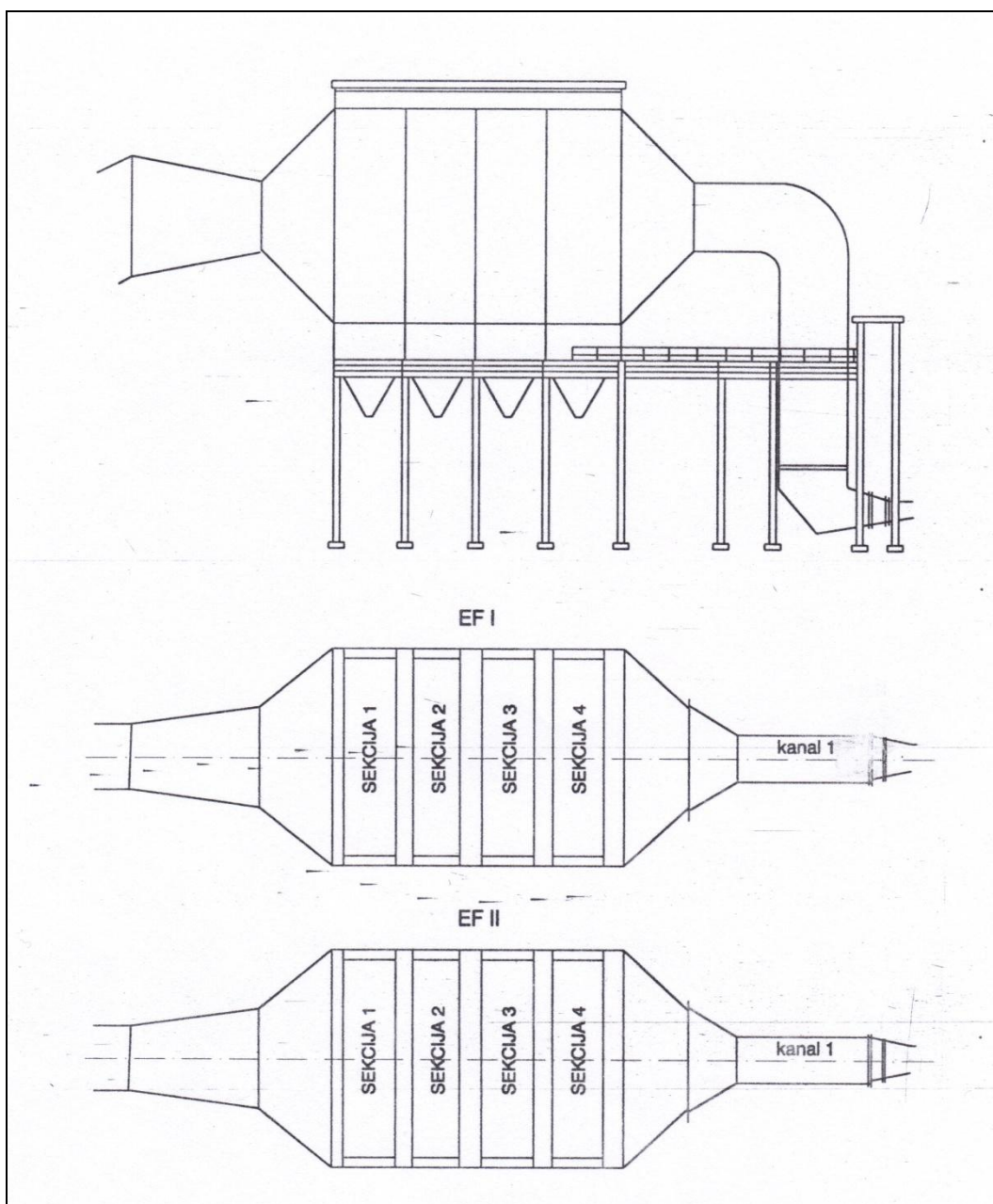
Димни гасови који настају сагоревањем угља у котлу блока А2 (210 MW) посебним каналима усмеравају се на два електрофилтера истих пројектних параметара од којих сваки пречишћава по 1/2 укупне количине гасова. Иза улазних конуса електрофилтера, а испред комора, уграђени су перфорирани лимови који обезбеђују равномерно струјање димних гасова дуж коморе, уз истовремено механичко отпрашивање улазне струје димног гаса. Две јединице електрофилтера опремљене су са по дванаест левкова за скупљање летећег пепела.

Електрофилтери су опремљени са емисионим и таложним електродама. Све емисионе електроде су уграђене у одговарајуће рамове. Систем отресања електрода је унутрашњи, са чекићима. Интервал отресања је могуће подешавати помоћу временског релеја.

На свим левковима уграђени су грејачи како би се спречила појава кондензације. Кућишта изолатора су такође опремљена системом за загревање, како би се спречила појава електричног пробијања и кондензације.

На електрофилтеру, слика 5, постоје четири секције у циљу ефикаснијег пречишћавања димних гасова настали сагоревањем угља у котлу.

Котао на блоку А2 има тип торња и опремљен млиновима чекићарима. Пепео се сакупља и уклања са дна ложишта.



Слика 5: Шема електрофилтера

Основне техничке карактеристике електрофилтерског постројења (две електрофилтарске јединице) блока А2 приказане су у табели 7:

Табела 7: Параметри електрофилтерског постројења

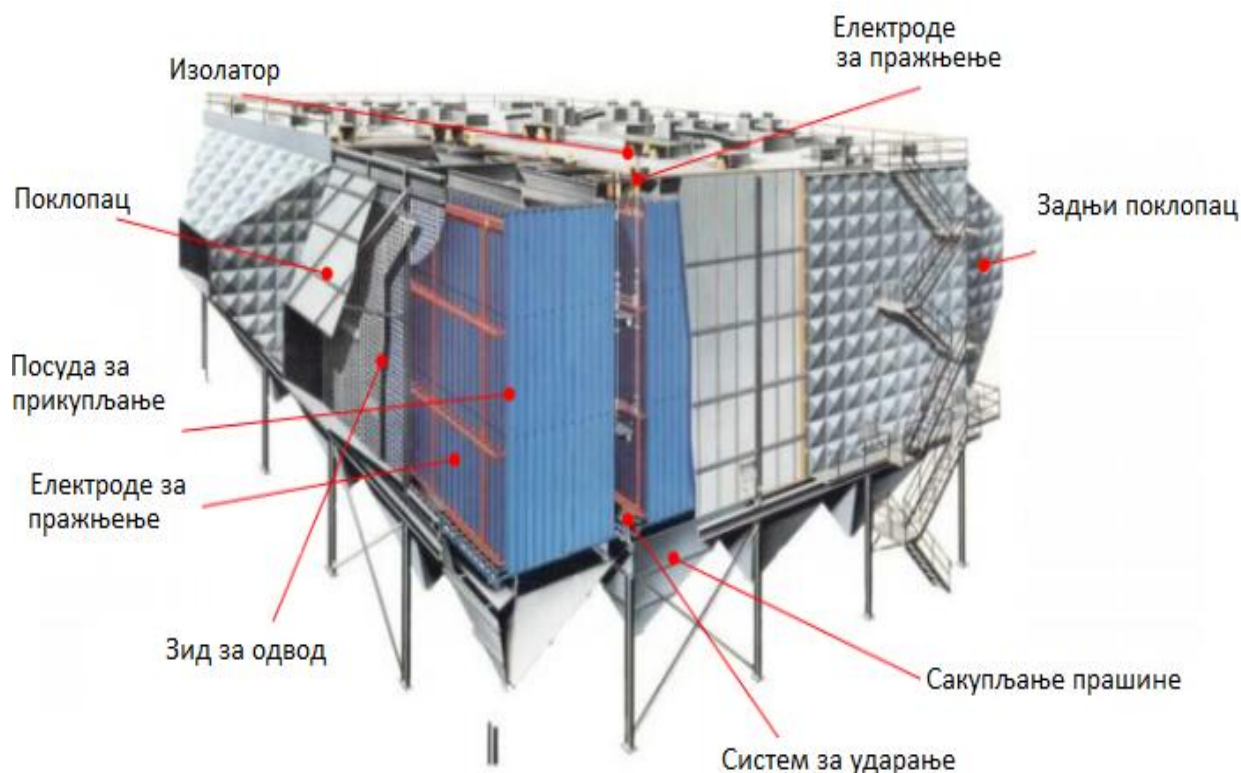
Проток димног гаса по једној електрофилтерској јединици (0°C, 1013mbar) - влажни гас (за проток димног гаса од 1.800.000 m ³ /h)	500m ³ /s
Температура димног гаса	150-200°C
Температура тачке росе	64 °C
Пад притиска у кућишту електрофилтера	25mbar
Брзина гаса при 100% капацитета	1,81 m/s
Брзина гаса при 80% капацитета	1,45m/s
Укупна сабирна површина	19600m ²
Број електро поља по електрофилтеру	4
Ефикасност отпрашивања на 100% капацитета	99,70%
Ефикасност отпрашивања на 80% капацитета	99,84%
Концентрација честица влажног гаса на улазу у електрофилтер	50,31 g/Nm ³
Концентрација честица влажног гаса на излазу из електрофилтера	150mg/Nm ³
Укупна инсталисана снага	704,44kVA

3.2. Електростатички филтер

Електростатички филтер је лоциран на вакумском делу пре вентилатора димних гасова. Димни гасови улазе у филтер кроз улазни део. Честице се на том месту одвајају тако што их привлаче колекторске-таложне електроде услед јаког електричног поља између емисионих и колекторских електрода. Прикупљене честице формирају слој на електродама који се отклањају у цикличким интервалима помоћу тресилица и затим одводе левковима у транспортни део. Важна ствар код процеса одвајања честица је ефективно чишћење електрода оба поларитета од накупљене прашине путем отресања. Танки слој прашине може да узрокује нестабилан рад напајања и смањи ефикасност филтера.

Електрофилтер се састоји од главног кућишта, сетова емисионих и колекторских електрода, тресилица, левкова и улазних и излазних канала.

Главно кућиште је израђено од челика. Састоји се од доњег носећег оквира формираног од дужинских греда, зидова, греда левкова, зидних панела, кровних греда, крова, носача плоча. Главно кућиште је подељено на паралелне секције. На почетку и на крају сваке секције су попречне кровне греде поређане у колонама. Оне носе терет унутрашњег постројења и смештене су на носаче плоча. Ови носачи су на крутом делу конструкције, али су направљени тако да дозвољавају дилатацију. Носачи плоча су довољни да носе конструкцију. Контролна врата са степеницама су постављена на бочним зидовима, на кровним гредама.



Слика 6: Електростатички филтер

3.2.1. Путања димног гаса

У сваком од блокова, димни гасови из котла, након загрејача ваздуха, доспевају у два електрофилтера, где се врши њихово пречишћавање. Сваки електрофилтер подељен је на три секције, при чему се свака секција састоји из четири зоне. Свака зона напајана је једном високонапонском трансформаторском/исправљачком јединицом. Из левкова електрофилтера, пепео се одводи новим системом отпепељивања до депоније.

Извлачење димних гасова из сваког од котлова врши се помоћу два аксијална вентилатора димних гасова.

Карактеристике и параметри димних гасова на улазу у електрофилтер, као и излазу приказане су у табели 8.

Табела 8: Улазно/излазни параметри електрофилтера

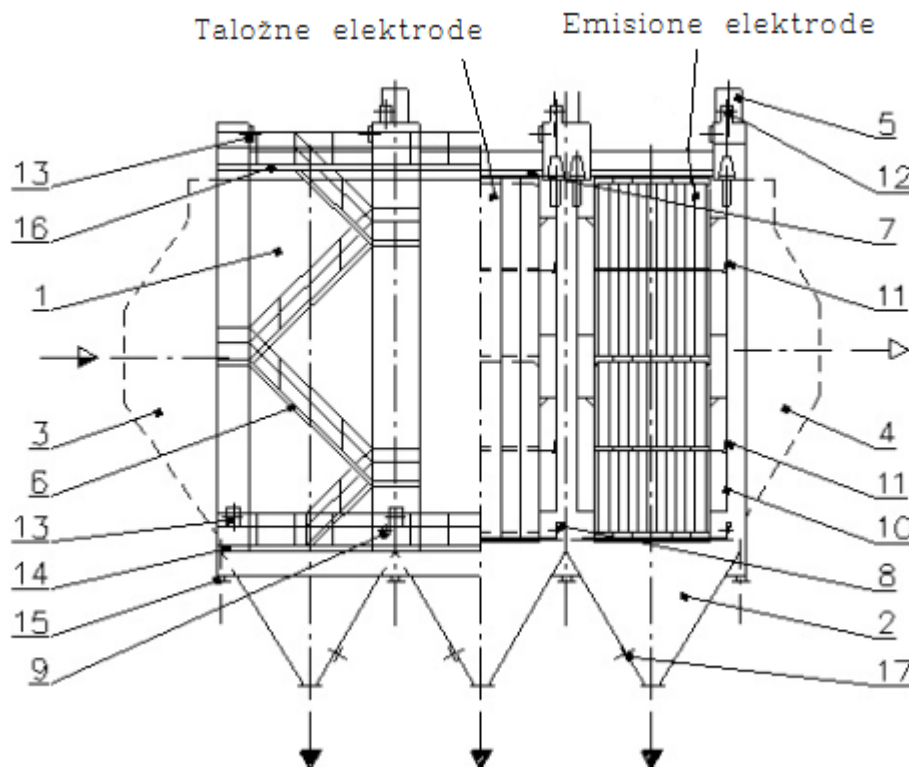
Снага генератора	180 до 210 MW	
Запреминска брзина протока гаса кроз 2 кућишта Ел.Ф.	660 Am ³ /sec	Am ³ је актуелна запремина изражена у кубним метрима у којој лебде честице у условима у којима су биле у време узимања узорка
Кућиште електрофилтера (усис вентилатора димног гаса)	Пројектна вредност електрофилтера 2.68 kPa током нормалног рада; Мах +Р код вентилатора димног гаса је 4.4 kPa.	
Температура димног гаса	140 ⁰ до 180 ⁰ С (максимум 190 ⁰ С током рада при пуном капацитету)	Пројектовано за измену на 330 ⁰ С за 10 минута
Угљеник	5%	Угљеник у пепелу је генерално низак услед високо реактивне природе лигнита; међутим измерено је до 5% угљеника у пепелу
Кисеоник у димном гасу	8.6 %	
Пепео у димном гасу (укључујући угљеник)	58 g/Nm ³	

При сагоревању угља у котлу димни гасови пролазе кроз два загрејача ваздуха (када се гас преусмери у хоризонтални ток крупне честице сакупљају се у четири гравитациона сепарациона левка испред улаза у сваки електрофилтер), два електрофилтера (пречишћавање ситних честица) и два вентилатора димног гаса. Сваки вентилатор ослобађа чисти гас на супротну страну димњака. Попречни канали су смештени на излазима загрејача ваздуха и на излазима електрофилтера како би се омогућио парцијални проток уколико један загрејач ваздуха, електрофилтер или вентилатор димног гаса није у функцији. Канали такође омогућавају равнотежу протока како би се избегло неједнако смањење у загрејачима ваздуха или уколико један вентилатор димног гаса ради боље од другог.

3.3. Принцип рада електрофилтера

Електрофилтери слика 7, су функционални уређаји у којима се одиграва процес скупљање чврстих честица смеша путем емитовања короне и одвајање већ прикупљених честица, смеша из ваздуха путем снаге електричног поља.

Ваздух или гас из кога желимо да издвојимо честице проводи се кроз електрично поље сачињено од две електроде. Електрода која условљава јонизацију гаса је активна електрода, док електрода на којој долази до издвајања, тј. таложења честица је пасивна електрода. Многе честице су већ наелектрисане у претходним процесима, али је ово наелектрисање обично сувише слабо за практичну примену. Када се честице довољно наелектришу и када се нађу у електричном пољу, долази до кретања наелектрисаних честица услед постојања привлачних електростатичких сила ка супротно наелектрисаној електроди под правим углом у односу на струјање. Честице се прикупљају на електроди. Наелектрисавање честица врши се помоћу короне која окружује активну электроду.



Слика 7: Главни делови електрофилтера – ЕФ 1. Кућиште ЕФ; 2. Левак ; 3. Улазни део; 4. Изразни део; 5. Усмеривач; 6. Степениште; 7. Колекторске електроде УСЕ-вешање; 8. Ударни механизам-отресања УСЕ; 9. Погонска јединица уд. мех. отресања таложних електрода; 10. Емисионе електроде-вешање (ВНЕ) ; 11. Ударни мех. – отресања ВНЕ; 12. Погонска јединица ударног механизма емисионотресања ВНЕ; 13. Врата; 14. Доња пратећа платформа; 15. Потпорна подлога; 16. Горња пратећа платформа; 17. Контролни отвор.

Слој прашине скупљен на колекторским - таложним електродама (УСЕ) се повећава (расте), те се ослобађа путем ударног механизма за отресање, слика 8 и пада у левак електрофилтера, као и у емисионим – високонапонским електродама (ВНЕ). Левкови се празне транспортном опремом за прашину заптивени под притиском.

Емисионе електроде су повезане са негативним полом исправљача. Таложне електроде имају позитивни пол и уземљење. Отпор уземљења не сме бити виши од 2 Ω .

Високонапонски систем представља сет емисионих електрода, слика 11, које се смештају понаособ између две колекторске-таложне електроде. Емисиона електрода је оквир на којем је затегнута танка жица на одређеним удаљеностима. Оквири су обешени

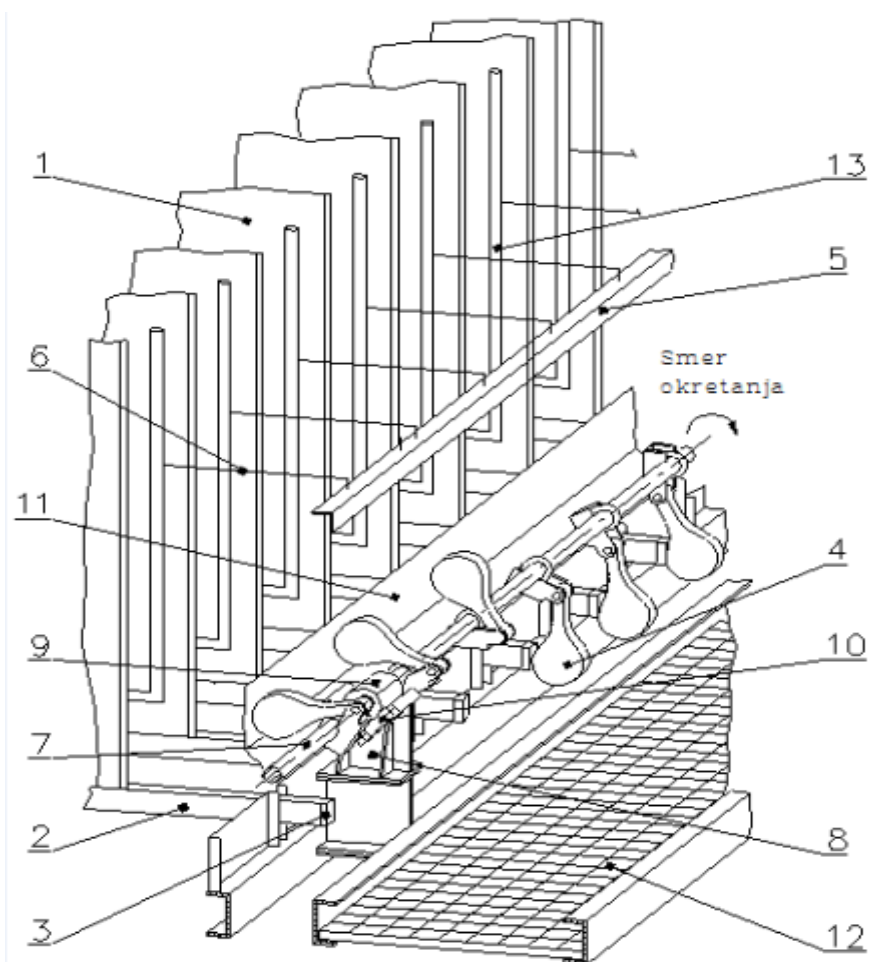
помоћу цевастих вешалки на керамичке изолаторе на кровним гредама. Изолатори су опремљени са грејним телима који спречавају појаву росе на површини. Струја из високонапонског извора се доводи на горње прирубнице изолатора.

Систем отресања колекторске електроде одвија се преко спороокретајуће осовине и чекића који ударају о отресајућу површину. Осовина се покреће помоћу мотора смештеног изван кућишта електрофилтра. Тресилица је монтирана на излазну страну сваке од секција. Секција у програмираном раду мора имати могућност континуалног отресања. Одговарајући интервали се подешавају за време старта електрофилтра.



Слика 8: Колекторске (таложне) електроде

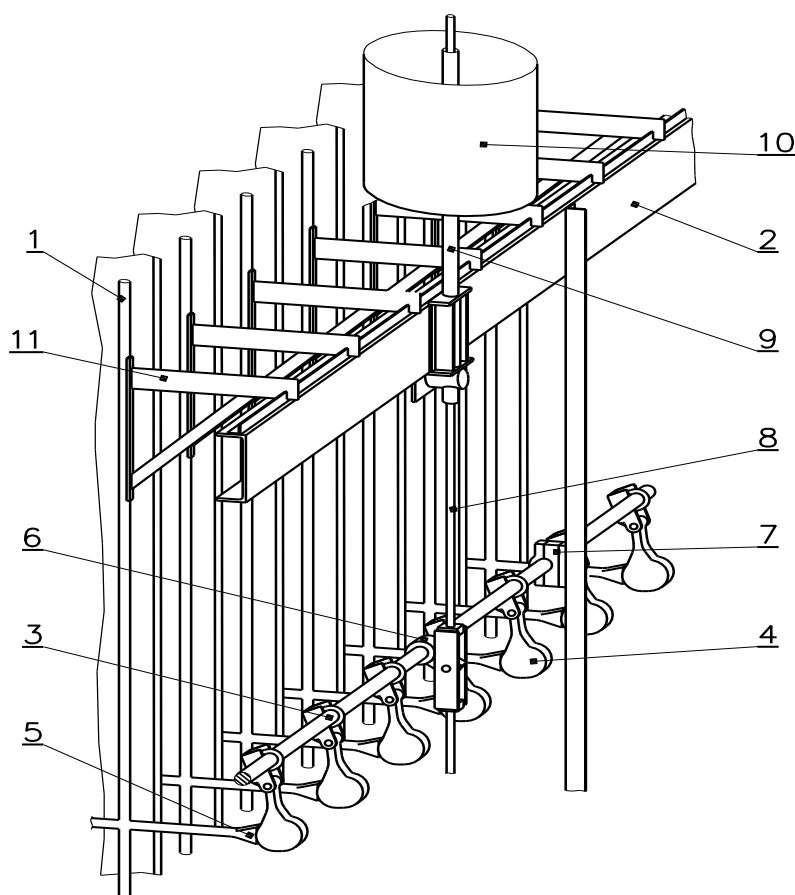
Колекторске електроде су обешене паралелно току димних гасова. Направљене су од челичних трака. Свака електрода је помоћу вешалки причвршћена за греду. Греде су заварене за кровне носиве греде. На дну, електроде су монтиране на отресајућу греду. Отресајући систем се састоји од изолатора и једне или две осовине са чекићем. Број варира од висине електрода. Погонски механизам се састоји од мотора, зупчаника са ручицом који су лоцирани на кровној греди. Високонапонски систем је одвојен од погона са изолатором. Свака секција је опремљена са једном па до осам тресилица. Отресање је периодично.



Слика 9: Ударни механизам таложне електроде-УСЕ 1. Таложна електрода; 2. Ударна греда; 3. Одбојник; 4. Чекић; 5. Попречни оквир; 6. Дистанциони стремен; 7. Осовина; 8. Лежај; 9. Чаура; 10. Ламела; 11. Заштитни лим; 12. Унутрашња платформа; 13. Оквир емисионе електроде.



Слика 10: Емисионе електроде



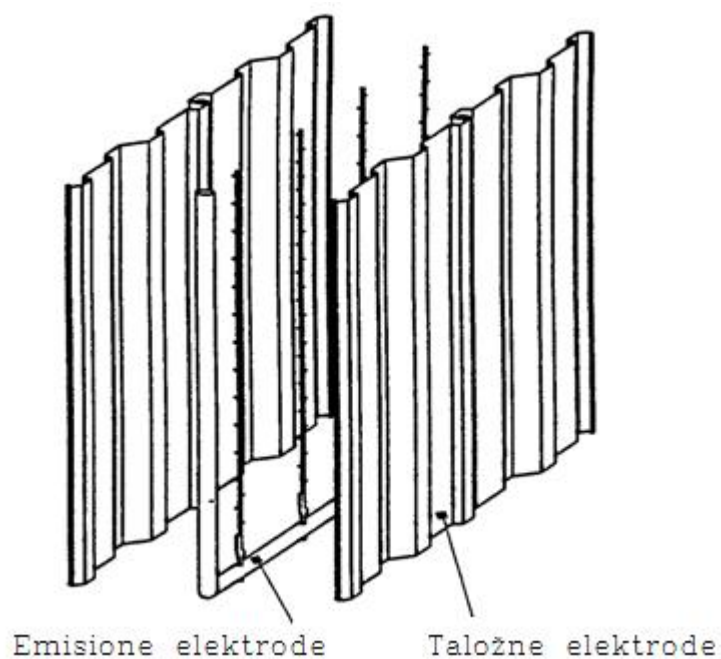
Слика 11: Ударни механизам емисионе електроде-ВНЕ 1. Оквир емисионе електроде; 2. Попречни оквир; 3. Осовина; 4. Чекић; 5. Одбојник; 6. Полуга; 7. Лежај; 8. Шипка; 9. Цев за вешање; 10. Заштитна цев; 11. Стремен.

Левкови су уграђени у доњи део кућишта. Крајеви левкова су прирубнице за спајање са конвејером. Неки левкови су опремљени са грејним телима на висини 1,5м од дна. Сваки левак поседује отвор. Улазни и излазни боксови осигуравају униформно струјање димног гаса кроз секције и омогућују спојеве са каналима.

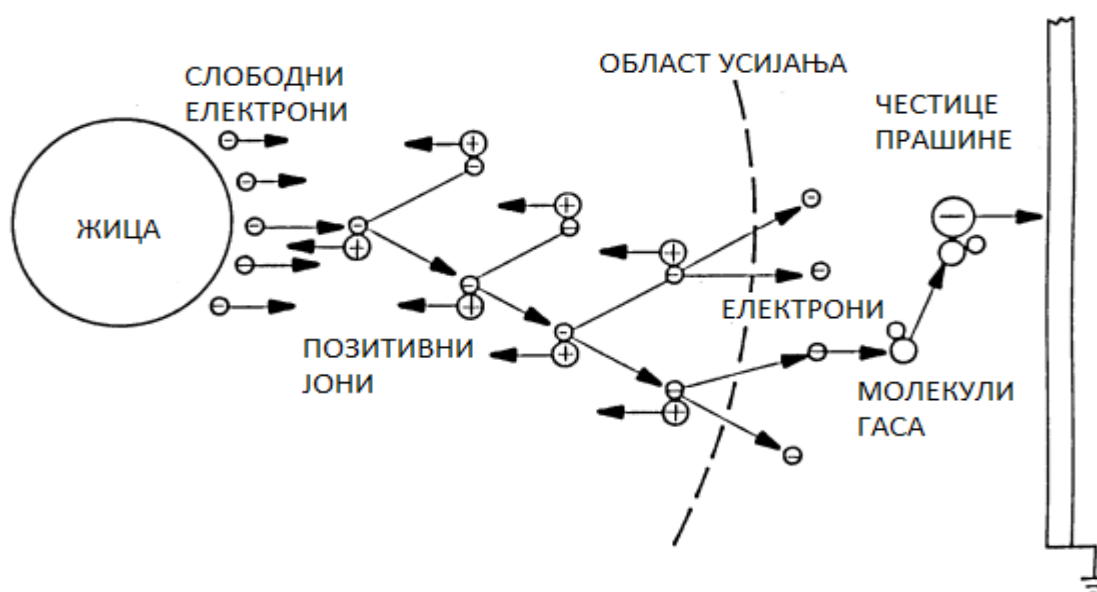
Радни параметри ектрофилтера

Температура	+350°C i 450°C
Подпритисак	-15 kPa
Максимални надпритисак	4 kPa
Губитак притиска	<150 Pa

Око емисионе електроде - ВНЕ долази до избијања короне, слика 11, тј. долази до емитовања јона. Јони се скупљају на површини честица прашине. Утицајем електричног поља, прикупљене честице привлаче се ка таложним електродама (УСЕ), где се и таложу (слика 12).



Слика 12: Активни делови електрофилтера



Слика 13: Принцип одвајања

3.3.1. Систем отресања

Електростатички филтери су у свом раду изложени различитим утицајима, као што су температура и притисак димног гаса, специфична отпорност пепела, величина честица пепела, састав угља, услови рада котла и др. Из ових разлога је веома тешко

одржавати електрофилтер у оптималном режиму рада. Да би се то остварило потребно је да цео систем, од котла до димњака, буде оптимално подешен у циљу остваривања максималне ефикасности чишћења димног гаса

Систем за отресање електрода који се најчешће примењује на електрофилтерима се састоји од ротирајућих чекића који циклично ударају по конструкцији за држање електродног система отресајући наталожени пепео са њих. Посебно се отресају емисионе електроде, а посебно колекторске. Емисионе електроде се отресају да би се оптимизовао процес стварања короне. Уколико се наталожени слој на колекторским електродама периодично не отклони, процес таложења ће се постепено смањити јер наталожени слој прашине на електродама има штетан утицај на електричне радне услове електрофилтера.

Пошто се брзина таложења пепела разликује по дужини електрофилтера, учестаност отресања се смањује од улазних секција ка излазним. Периоди отресања емисионих електрода су двоструко учесталији у односу на колекторске електроде. Периоди између активирања отресача треба да су довољно дуги како би се на колекторским електродама формирао довољно велики слој прашине који ће при отресању склизнути у левак у виду компактне масе.

Емисија честица кроз димњак се вишеструко повећа у време отресања електрода. Највећи утицај на повећање емисије при отресању има отресање у првој и посебно у последњој секцији. Због тога се при подешавању циклуса отресање бира завистан командни мод који онемогућава истовремени рад два отресача електрода.

Када пепео пада у левак подиже се облак прашине који се, захваћен од струје гаса, поново враћа у електродни систем и излази из димњака у виду печурке дима. Ово је неминовна појава и због тога треба смањити, што је више могуће, број циклуса отресања, посебно у излазним секцијама.

Смањење максималне вредности емисије пепела у време рада отресача може се остварити поделом времена предвиђеног за отресање свих електрода у једној секцији на више краћих временских интервала. На тај начин смањена је укупна количина пепела која у тако добијеним интервалима пада у левак, а самим тим и потенцијална количина пепела који се у виду печурке може појавити на димњаку.

3.3.2. Параметри програма чишћења отресањем

Помоћу групе параметара може се унапред подесити рад чишћења отресањем за два о себи независна програма. Рад чишћења отресањем се за сваки део филтера може спецификовати посебно. Параметри програма отресања приказани су у табели 9.

Табела 9: Параметри периода отресања по секцијама

Параметри програма отресања					
Рад	06:00	03:00	03:00	03:00	Програм I
Период	06:00	06:00	12:00	22:00	
Рад	06:00	03:00	03:00	03:00	Програм II
Период	06:00	12:00	24:00	36:00	
Секција	I	II	III	IV	

Параметри оптимализације омогућују праћење и подешавање актуелних параметара режима електрофилтера – оптимализација.

3.3.3. Управљачки систем електрофилтера

У циљу одржавања система, дијагностицирања, подешавања параметара, евентуалних измена и допуна систем за управљање и надзор је базиран на примени програмабилних логичких контролера (ПЛЦ- ова), надзорног система базираног на ПЦ платформи са SCADA системом. Управљање и контрола технологије електрофилтера је заједничка за оба електрофилтера и обавља се са оперативног панела помоћу ПЛЦ. Управљање тј. подешавање и провера радних параметара обавља се из коимандне просторије у којој се управља целокупним процесом производње.

3.4. Почетак рада електрофилтера

Пре почетка рада електрофилтера потребно је припремити за рад електрофилтер тј. обезбедити потребне услове и параметре у складу са упутством произвођача.

Технолошки параметри потребни за рад електрофилтера:

- Тражена температура грејање изолатора [$^{\circ}\text{C}$] - тражена температура за грејање изолатора
- Тражена температура грејање левака [$^{\circ}\text{C}$] - тражена температура за грејање левака
- Мин. време загревања [мин]
- Минимално време загревања изолатора 120 мин
- Мин. температура ЕФ [$^{\circ}\text{C}$] - минимална температура за пуштање филтера
- Окончање ЕФ [мин] - време аутоматског рада свих елемената за заустављање филтера
- Макс. број рег. корака - број регулационих корака код оптимализације
- Корак оптимализације - величина регулационог корака за поједине секције у фази оптимализације
- Коефицијент регулације - регулациони коефицијент код оптимализације
- Период оптимализације - период регулационог алгоритма оптимализације
- Макс. одношење честица [mg/m^3] - максимално дозвољено одношење честица
- Подпритисак - вредност подпритиска приликом укљученог усисног вентилатора
- Подпритисак - вредност подпритиска приликом искљученог усисног вентилатора
- Хистерезија - појас неосетљивости.

Технолошка ограничења:

Температура пред ЕФ [$^{\circ}\text{C}$]

- макс. температура на улазу филтера 230°C

Температура за ЕФ [$^{\circ}\text{C}$]

- макс. температура на излазу филтера 220°C

Температура високонапонских-ВН делова [$^{\circ}\text{C}$] - макс. температура ВВН извора
Температура левака делова [$^{\circ}\text{C}$] - макс. температура левака.

Снабдевање ВНВ (високонапонски извор електричне енергије) је интегрални део електрофилтера. Тип и величина погодна за електрофилтер одређена је конструктивним карактеристикама.

За прикључивање електрофилтера са системом цевовода и уређаја за одвајање честица користе се улазно-излазни отвори.

Сам електрофилтер не садржи место за рад (оперативну станицу). Електрофилтером се управља из контролне или командне просторије одакле се управља и осталим технолошким процесом.

Пре него што се електрофилтер стави у погон, мора се испитати следеће:

- а) да електрофилтер не садржи стране делове
- б) да су таложне - УСЕ и емисионе - ВНЕ електроде у реду
- ц) да унутрашњи делови не садрже насlage (синтерована прашина), да је чисто у левковима и да делови електрофилтера не садрже кондензовану влагу
- д) да механизми за отресање таложних - УСЕ и емисионих - ВНЕ електрода прописано раде у складу са параметрима отресања, и да електромотори механизма за отресање УСЕ електрода имају прописни правац окретања
- е) да су сва врата и отвори чврсто затворени и уземљени
- ф) да су сва контролна и мерна средства у реду
- г) да су изолатори довољно загрејани
- х) да су снабдевање ВНВ, функције извора уземљења у реду
- и) да су додатни механизми за заштиту у реду
- ј) да је опрема за премештање прашине прописно затворена и спремна за рад.

Електрофилтер се укључује (стартује) по следећем упутству:

а) Неопходно је да се пре пуштања у рад електрофилтерског система за отпрашивање зависно од оперативних и климатских услова (мин. 2 сата) укључе грејачи високонапонских изолатора и грејачи левкова. За време грејања изолатора пре почетка рада, клапна на излазном каналу иза електрофилтера мора бити затворена да би се спречило смањење интензитета грејања изолатора услед одвођења топлоте кроз димњак. Омотач изолатора садржи два овална отвора, који се користе само за чишћење унутрашњих зидова изолатора за време стајања постројења. Ови отвори морају бити затворени за време рада постројења. Циркуларни отвори пречника 15мм на затварачима изолатора се користе за само-чишћење и морају бити отворени у процесу рада, са лимитом протока ваздуха зависно од подпритиска у систему. У погледу уштеде енергије, и у оквиру електропројекта, може да се инсталира аутоматски прекид грејања високонапонских изолатора зависно о постигнутој температури око изолатора, која треба да се одржава на 150°C изнад очекиване температуре росишта пречишћених димних гасова.

Радна температура прилично смањује век трајања изолатора тако што спречава формирање слоја електричног набоја на зидовима изолатора, што узрокује пуцање.

- б) Уређаји за транспорт прашине из левкова се стављају у рад.
- ц) Затварачи и пригушни елементи на каналима биће отворени.

д) Сисајући вентилатори се укључују. Електрофилтер се постепено загрева до радне температуре путем излазног ваздуха. Сигнал за старт обично долази од технолошких услова ваздуха и излазних гасова.

е) Старт отресања емисионих електрода је одређен алгоритамски према радним захтевима.

ф) Механизам за отресање таложних електрода се укључује (провера смера окретања тресалица, подешавање и избор одговарајућег интервала отресања (ударања), зависно од режима рада. Неопходно је подесити сетове параметара за сваки режима рада.

г) Високонапонско напајање – (ВН) се укључује према упутству произвођача, након загревања електрофилтера на одређену температуру, већу од температуре росишта пречишћеног ваздуха, како би се избегла појава кондензације на електродама, кућишту и левковима.

Правилан рад електрофилтера условљава:

а) Исправан рад свих механичких делова

б) Исправних вредности напона и струје у ВН напајањима секција. Да би се постигао најнижи степен емисије у излазном ваздуху, неопходно је да оперативни напон буде што виши и да се држи на граници пробоја .

Ако нема појаве короне (манифестује се са смањењем напона и повећањем струје) постиже се већа ефикасност. Ако има појаве короне неопходно је максимално повећање напона из ВН извора.

Већина високонапонског извора напајања је опремљена са импулсним модом напона напајања. Коришћење ове методе зависи од особина излазне мешавине, тј. примеса у ваздушној смеси.

ц) Редовно отклањање наталожених чврстих материја.

4. ОДРЖАВАЊЕ ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА

Појам одржавања је у узрочно-последичној вези и долази уз сваки процес производње одређених добара. Током времена и употребе долази до старења материјала и средстава за рад, смањује се технолошка ефикасност, а долази и до евидентног технолошког застаревања. Средства се током времена троше и смањује им се радна способност. Средства за рад су подложна неисправностима, ломовима и оштећењима, па се појављују прекиди у раду. То узрокује појаву трошкова због замене и поправке делова, али и трошкове због застоја у процесу производње.

Основни циљеви који треба да се постигну процесом одржавања су:

1. Минимизирање трошкова због застоја у раду услед непланираних отказа елемената техничког система.
2. Спречавање, односно успоравање застаревања средстава за рад, које настаје као последица лошег квалитета производа и шкарта.
3. Смањивање трошкова рада и материјала у производњи, који настају услед повећаних отказа и застоја у процесу рада.
4. Одржавање техничких система (машина и уређаја), односно средстава за рад, као функција и део процеса производње заузима данас важно место у производном систему сваке компаније. На развој одржавања утицао је брз индустријски напредак, као и стални пораст аутоматизације и повезаности средстава за рад, затим нагли пораст фиксних трошкова у односу на променљиве итд.

Одржавање се дефинише као стална контрола над свим средствима за рад, као и вршење одређених поправки и превентивних радњи, чији је циљ, стално, функционално оспособљавање и чување производне опреме, постројења и других машина и уређаја.

Од техничко-технолошких система се захтева да испуне постављене циљеве тј. да посматрани систем изврши своју функцију у одређеном временском периоду и под одређеним условима без отказа. Одржавање техничко-технолошких система смањује или елиминира могућност настајања околности или нежељених догађаја које могу да угроже функционисање техничких система.

Управљање системом одржавања техничких система треба, пре свега, да омогући оперативно или краткорочно планирање, али и планирање за дужи временски период, као и иновације система одржавања и самих техничких система (захтеви при пројектовању система одржавања, при припреми техничких система за експлоатацију и на крају, сугестије за повлачење техничких система из употребе). У ужем смислу, управљање процесом одржавања се спроводи ради свођења времена у отказу на минимум и стабилизовања одвијања процеса рада техничких система, односно држања вредности оперативне расположивости техничких система у границама дозвољених одступања.

Циљеви одржавања у процесу производње упућују на широку област важности одржавања као процеса повезаног са производњом. Важност одржавања средстава за рад огледа се уследећем:

1. Важност одржавања са развојног аспекта (истраживања појаве великог броја застоја на средствима за рад, који расту и због великог раста броја система и аутоматизације производних процеса).

2. Важност одржавања са технолошког становишта (брзо застаревање средстава за рад услед брзог развоја техничког и технолошког процеса, затим застаревање услед трошења као технолошког процеса).

3. Значај одржавања са економског гледишта (појава трошкова услед коришћења средстава за рад).

4. Значај одржавања са социјалног аспекта (средства за рад у лошем и несигурном стању изазивају лоше стање, односе, па чак и незгоде како у самом предузећу, тако у његовом окружењу).

5. Значај одржавања у погледу чувања расположивих ресурса у предузећу.

Поступци одржавања представљају активности и операције које треба спровести да би се систем из стања у отказу вратио у стање у раду. Технологија одржавања одређује како се спроводе поступци одржавања, на који начин, којим алатом, по ком редоследу, како се проверава квалитет извршеног одржавања и слично.

4.1. Улога и значај одржавања у техничким системима

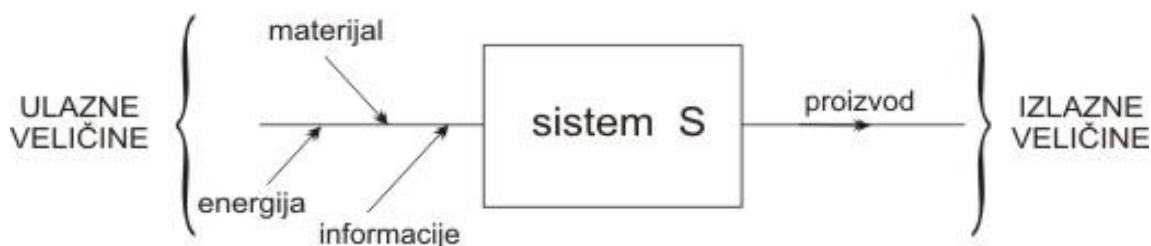
Системи у техници представљају организоване скупове елемената и релацију између њих и њихових карактеристика, повезаних међусобно у целину, на начин погодан за вршење корисног рада.

Технички систем подразумева машину или неко постројење, односно интегрисани скуп елемената међусобно повезаних, који представљају целину са јединственом радном функцијом.

Сложени технички системи (слика 14) се састоје од већег броја функционалних (саставних) целина: система, подсистема, склопова, подсклопова и елемената, стога је рад и понашање у експлоатацији сваког од њих у директној вези са укупном радном способности система.

Технички системи у основи су радни системи који претварају улазне величине (материјали, енергија, информација) у излазне величине (производи, документација), а могу бити различитих врста:

- Енергетски,
- Производни,
- Транспортни,
- Војни.....



Слика 14: Технички системи

Технички систем је систем који је настао посредним или непосредним деловањем човека. Већина својстава техничких система има карактеристике природних система, у које спадају :

- целовитост,
- адаптивност,
- стабилност,
- затвореност (отвореност),
- повратна веза итд.

Уколико је више присутна целовитост и адаптивност то су технички системи савршенији, јер поседују неке битне карактеристике природних система.

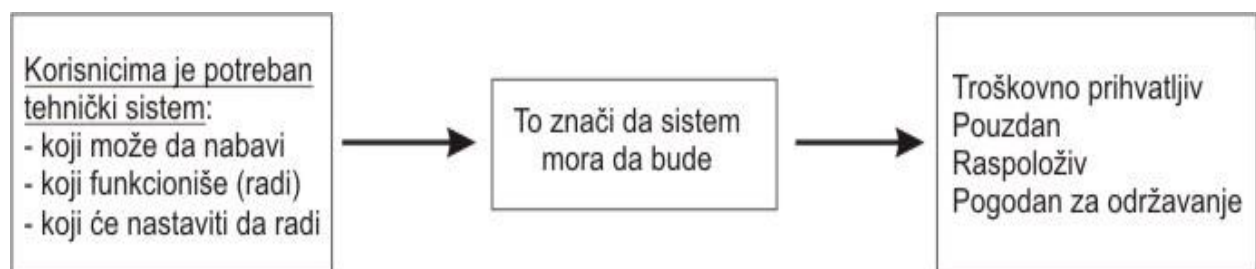
Техничким системима по својој природи припадају алати и прибор, као и савремене летелице, роботи, аутомобили, алатне машине, термоелектране итд.

Потребе и захтеви корисника – потрошача у погледу:

- врста и количина,
- квалитета,
- ефикасности и ефикасности и
- економичности

изискују убрзани развој техничких система са новим врстама енергије, новим материјалима, ефикаснијим поступцима рада итд.

Захтеве, потребе и очекивања корисника техничких система могуће је разматрати на следећи начин:



Слика 15: Услови функционисања техничких система

Циклус века трајања техничког система (животни циклус) - укупан радни век обухвата неколико међусобно повезаних и временски условљених фаза, које садрже и специфичне активности.



Слика 16: Етапе техничких система

Одржавање система се може дефинисати на много начина, један од њих је, да је одржавање “спровођење свих мера нужних да би једна машина, постројење или цела фабрика функционисала на прописан начин, развијајући перформансе у прописаним границама, тј. са траженим учинцима и квалитетом, без отказа и уз прописано обезбеђење животне околине, а под претпоставком добре обезбеђености свих услова, односно уз потребну људску подршку”.

Циљеви одржавања средстава за рад у процесу производње могу се посебно сагледати са два основна аспекта:

а) Техничко-технолошки, који доприносе:

- иновацијама и усавршавању средстава за рад,
- одржавању радне способности средстава на потребном нивоу и повећању поузданости средстава у процесу рада,
- остваривању дужег радног века средстава за рад,
- постизању бољег квалитета производа,
- остваривању равномернијег и бржег одвијања текућег процеса у целини,
- остваривању и побољшању других техничко-технолошких својстава средстава за рад и радног процеса.

б) Економски који доприносе:

- рационалном коришћењу средстава за рад у производњи,
- повећању продуктивности рада у производњи,
- смањењу трошкова производње,
- повећању економичности трошења у самом процесу одржавања средстава за рад.

Значај одржавања средстава за рад у компанијама је велики. Оно директно утиче на основне факторе производње и може врло повољно утицати (ако се добро спроводи) на постизање позитивних пословних резултата. Добро спроведено одржавање директно утиче на смањење трошкова производње и пословања. Застоји услед неисправности и нужног вршења ремонта, нарушавају технолошки процес производње, а исто тако утичу и на економику производње пропорционално са временом застоја и средствима уложеним за отклањање неисправности. Због тога одржавање и ремонт захтева пре свега рационалну организацију одржавања и ремонта и прецизно дефинисане ресурсе.

Организација ремонта и техничког одржавања, да би испуњавала своје задатке, треба да буде увек усклађена са техничким системом о коме се брине, а то значи да треба бити подложна и честим променама. Наиме, њена организација и начин деловања траба да се усклађују и мењају зависно од квалитативних и квантитативних промена, које настају у предузећу односно погону, затим због промене у карактеру производње или неких других елемената који могу бити од утицаја. Ради тога рад и организација службе, односно погона ремонта представља сталан, веома сложен и динамичан проблем у укупној организацији производње компаније.

Разноврсност делова и елемената техничког система који се одржава и ремонтује, њихова конструктивна и технолошка сложеност чине рад инжењера – техничког кадра запосленог у ремонтној служби веома сложеним и одговорним. Ова одговорност постаје све већа јер се у последње време сам процес производње све више модернизује и аутоматизује тако да економичност производње све више зависи од ремонта и техничког одржавања. Међутим, још увек није у довољној мери схваћена важност ове службе за успешно функционисање савременог предузећа. Недостаци, пропусти или неефикасаност

у организацији и раду ове службе често се правдају (односно прикривају) недостатком резервних делова за системе који се одржавају, затим незадовољном снабденошћу репродукционим материјалом и алатом, недостатком специјализованих кадрова итд. И поред тих још увек пропуста, организација и рад ремонта, у задње време добијају своју теоретску и научну базу. На ово је пресудан утицај имало сазнање о њиховом великом утицају на економику укупне производње.

4.1.1. Системски прилаз одржавања техничког система

Поузданост техничког система је једно од основних својстава, које непосредно утиче и на систем одржавања. Не постоји апсолутно поуздан технички систем, који не би никада, ни под каквим условима могао да откаже, и за такав систем не би ни био потребан систем одржавања.

Погодност одржавања утиче на укупну сигурност функционисања, обухвата особине техничког система у погледу могућности спровођења потребних поступака одржавања, односно прилагођеност система за обављање превентивних и корективних поступака одржавања.

Концепција система одржавања или стратегија, политика или концепт одржавања, одређује у ком тренутку треба да се спроводе поступци превентивног или корективног одржавања.

Технологија система се дели на микротехнологију (на самом радном месту) и макротехнологију (систем одржавања у целини).

Организација система одржавања представља односе између радионица за одржавања или извршилаца који спроводе поступке одржавања, у смислу поделе надлежности, координације, функционалне и информатичке интеграције.

Објекти, уређаји и алати су елементи без којих одржавање није могуће (најједноставнији поступци одржавања често се обављају без икаквих алата и уређаја, и обратно изузетно сложени поступци одржавања захтевају посебне и специјалне уређаје и алате).

Персонал и документација су елементи који битно утичу на квалите одржавања (структура, старост, обученост радне снаге; упутства, каталози, приручници, норме).

Снабдевање је један од најсложенијих чинилаца система одржавања (снабдевање резервним деловима, енергентима, водом, потрошним и другим материјалима, снабдевање информацијама, документацијом итд.).

4.1.2. Стања техничког система

Када се технички систем произведе и укључи у експлоатацију, може бити у једном од два могућа стања: стању у раду и стању у отказу. Ако је технички систем исправан и извршава прописани задатак, на прописан начин и у прописаном времену, он је у стању у раду. Ако није исправан, задатак се не извршава на прописан начин, и налази се у стању у отказу. Постојање само два стања, стања у раду и стања у отказу, одговара бинарној логици, на којој се заснива данашња техника. Појмови који ближе описују стања система су:

- Радно,
- Нерадно стање.

На техничком систему се у току коришћења – експлоатације јављају *неисправности или откази*, односно стања када технички систем није способан да извршава захтеване функције унутар дозвољених одступања. Без обзира на карактер, сви откази могу да се објасне као резултат промене стања техничког система:

- Непланирани застој, нерадно стање у времену рада, Функционални застој, нерадно стање у времену нерада,
- Стање радне неспособности, стање система у којем он не може да извршава задатке из било којих разлога,
- Изазвани нерад/застој, нерадно стање изазвано искључиво спољним разлозима, невезаним за одржавање,
- Стање у отказу, нерадно стање услед отказа или спровођења обимнијег превентивног одржавања,

Захтеване функције су оне функције које су пројектовањем унете у неку функционалну целину - позицију (систем, подсистем, склоп, елемент), а које заједно сачињавају њену укупну способност рада:

- Стање у раду, систем извршава своје задатке уколико је логистички обезбеђен и подржан,
- Активно стање, систем извршава своје задатке на прописан начин.

Промене стања система услед сопствене слабости (критично стање), обухватају велики број различитих појава, које се описују као: лом, деформација, неподешеност, искривљеност, неуравнотеженост, нестабилност...

Откази техничког система настали услед пропуста у одржавању, коришћењу и руковању техничког система могу се сврстати у случајне отказе. Непрописно коришћење и неспровођење прописаних поступака одржавања у значајној мери доприноси бржој појави отказа техничког система.

Одржавање техничког система има задатак да када је технички систем у раду, то стање што дуже одржи, а када је систем у стању у отказу да систем из стања у отказу, врати у стање у раду.

4.2. Процес одржавања

Процес одржавања је скуп поступака и активности који се током времена спроводе на техничким системима у циљу спречавања појаве отказа или ради њиховог отклањања. Процес одржавања има карактеристике изразито случајног процеса и представља време рада техничког система до тренутка у коме треба да се спроведе поступак одржавања (одређено особинама поузданости) и време потребно да се поступак одржавања спроведе (одређено квалитетом система одржавања), да би се систем из стања у отказу, вратио у стање у раду.

Постоје више метода одржавања, и код сваке методе се спроводи низ активности да би систем био у стање рада.

Најуопштенија метода одржавања је:

- Планирано одржавање,

- Непланирано одржавање.

Усвојена подела подразумева три основне методе одржавања:

- Корективно одржавање
- Превентивно одржавање
- Проактивно одржавање



Слика 17: Шема одржавања техничких система

Систем одржавања представља скуп елемената који обезбеђује да се потребни поступци одржавања једног техничког система спроводе на захтеван или прописан начин, у датим условима и у датом интервалу времена.

4.3. Одржавање електростатичког филтера

Одржавање електрофилтерског постројења одвија се кроз утврђену процедуру која обухвата:

- планирање одржавања,
- обезбеђивање потребних ресурса,
- превентивно одржавање,
- накнадно (интервентно) одржавање,
- ремонтно (инвестиционо) одржавање и
- анализа и стално побољшавање,

која се спроводи у Сектору одржавања ТЕКО А, са циљем обезбеђења управљања процесом одржавања и доприноса ефикасном, поузданом и безбедном раду постројења.

4.3.1. Планирање одржавања

Планирање средстава за одржавање се врши на годишњем нивоу и то за:

- текуће одржавање (превентивно и корективно одржавање) и

- инвестиционо одржавање (план ремонта).

Предлози ових планова праве се посебно за сваку организациону целину Сектора одржавања ТЕКО А, по блоковима (А1 и А2), крајем године за наредну годину. Организационе целине Сектора одржавања, на основу анализе стања постројења, исказују своје потребе и дефинишу обим неопходних послова, потребну динамику и процене финансијских средстава да се предвиђени послови ураде.

Планирање превентивног одржавања и планирање ремонта, у облику потребном за непосредно извођење, дефинисани су утврђеном процедуром која обухвата и најситније детаље. Обзиром да се активности накнадног (интервентног) одржавања спроводе након настајања отказа које није могуће предвидети, планирање средстава за ово одржавање се врши на основу праћења и анализе ових интервенција у претходном периоду, као и на основу норматива Дирекције за производњу електричне енергије ЈП ЕПС.

Усаглашавање планираних средстава за одржавање ТЕКО А врши се са Дирекцијом за производњу електричне енергије ЈП ЕПС. Основе за израду ових планова одржавања су Електроенергетски биланс којим је утврђено трајање планираних ремонтних радова и Модел за процену вредности планираних годишњих радова одржавања, за текуће одржавање и различите врсте ремонта, који је развијен у Дирекцији за производњу електричне енергије ЈП ЕПС. На овом моделу је базирана методологија планирања трошкова одржавања.

Планирање средстава за ремонтне радове засновано је на оцени техничког стања капацитета за производњу електричне енергије, процени могућности обезбеђења средстава ремонта и процени потреба за електричном енергијом.

Праћење реализације усвојених планова обавља се на основу докумената насталих кроз процес реализације послова одржавања и помоћу података који се воде преко информационог рачунарског система.

За несметано одвијање процеса одржавања потребно је:

- Стручно и компетентно особље са квалификацијом и искуством
- Опрема, алати, резервни делови и потрошни материјал за одржавање мора бити у складу са техничком документацијом, препорукама произвођача и законским одредбама.
- Резервни делови, потрошни материјал и алати се морају на време обезбедити у складу са процедуром Процес набавке.
- Мерна, испитна и контролна опрема мора бити контролисана према процедури – Управљање опремом за праћење и мерење у ТЕКО А и ТЕКО Б.
- Обезбеђење услова рада и радне средине. Објекти и радна средина у којима се обављају послови одржавања (радови у постројењу се посебно обезбеђују), морају испуњавати услове за безбедан рад, дефинисане регулативом (у погледу микроклиме, хигијене и др.).

4.3.2. Превентивно одржавање

Превентивно планско одржавање подразумева фиксне интервале у којима се изводе одређене активности из домена одржавања у циљу одржања стања система у раду. Поменути интервали могу бити: седмични, месечни, квартални, или по неким другим унапред одређеним интервалима, рецимо на основу броја радних сати, броја произведених јединица производа и сл. Превентивно одржавање се дели да додатне две методе и то:

- превентивно планско одржавање и
- превентивно одржавање према стању.

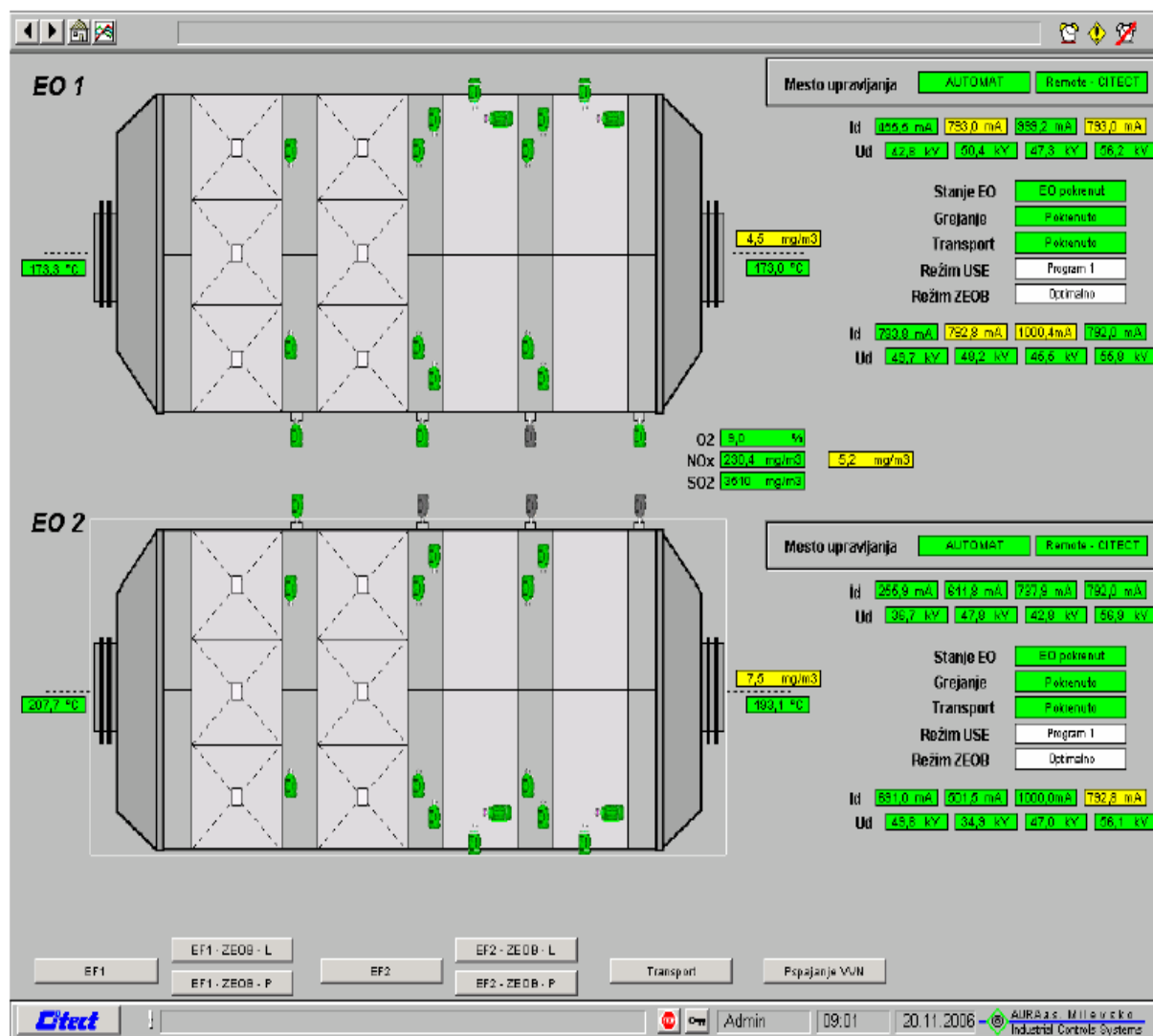
Превентивно одржавање је део текућег одржавања које обухвата: утврђивање стања постројења путем превентивних прегледа, спровођење превентивних радова на постројењима, благовремену анализу уочених поремећаја на постројењима и планирање предузимања неопходних корективних акција у погодном тренутку организацијом одржавања представљеном на слици 8.

Превентивно одржавање се спроводи у претходно одређеним временским интервалима са циљем да се прати исправност рада и спречи појава отказа опреме/уређаја.

Основне активности превентивног одржавања су:

- планирање превентивног одржавања,
- припрема технолошких поступака и обезбеђење потребних ресурса,
- покретање и отварање превентивног налога,
- извођење радова,
- контрола изведених радова,
- евидентирање и закључивање налога и
- анализа изведених радова.

Континуално праћење кључних параметара и функционално стање елемената електрофилтера представља надзор који показује његово тренутно стање које превентивним мерама одржавања може да се коригује, како поједини елементи неби изазвали поремећај рада електрофилтера и његовог отказа. Након припреме, пуштање у рад електрофилтерског постројења обавља се помоћу рачунара подешавањем свих параметара. На оператерском панелу приказане су информације о стању технологије.



Слика 18: Шема технологије

Основни екран технологије, приказано на слици 18, приказује све основне податке о целој технологији заједно са шематским приказом електрофилтера и актуелним стањем свих елемената. Помоћу екрана који показује стање свих технолошких целина електрофилтера, оператер електрофилтера прати функционално стање свих технолошких целина који обухвата:

- стање транспорта,
- режим отресања УСЕ,
- стање високонапонског извора ЗОБС,
- стање грејача изолатора.
- стање уређаја за мерење концентрација чвстих честица.

Екран стања транспорта приказује стање посебних делова транспортног система електрофилтера (нпр. ротационе транспортере, пужне транспортере, чланкасте транспортере, пнеуматске клапне итд.).

Поремећај у раду система за транспорт имало би за последицу таложење чврстих честица и нагомилавање прашине у електрофилтеру, а касније до прекида рада електрофилтерског постројења.

Гrafички и у текстуалном облику је видљиво приказано стање свих елемената транспортног система с могућношћу његовог управљања као једне целине или по појединим елементима. Помоћу екрана стања транспорта оператер електрофилтера има тачну информацију о стању система за транспорт чврстих честица и омогућава уочавање поремећаја у раду система за транспорт. Свака промена стања сигнализираће променом боје, тј оператеру даје информацију да ли је мотор за транспорт искључен, укључен, неисправност мотора или је мотор у ручном режиму рада.

Екран стања транспорта омогућава праћење функционалног стања клапни, као и управљање режимом рада клапни (режим управљања клапнама, управљање клапнама према параметрима режима рада 1 или 2, одређивање позиције клапни, положај клапни-затворене, отворене).

4.3.3. Функционална дијагностика стања технологије

Основна позиција дисплеја пружа основне информације о стању технологије (табела 10), где се непрекидно приказују најпотребније информације и њихове вредности се обнављају.

Табела 10: Стање технологије

Симбол	Значење
Стање ЕФ1,ЕФ2	Радна дојава програма о стању електрофилтера
Отресање	Режим рада таложних електрода – отресањем
ЗЕОБ	Режим рада ВВН ЗЕОБ
Транспорт	Режим рада
Одношење честица	Активна вредност концентрације честица прашине (mg/m^3)

Приказ групе технолошких параметара (табела 11 и 12), омогућује дијагностику стања и управљање електрофилтером.

Табела 11: Приказ технолошких параметара

Симбол	Значење
Технологија	Преглед и подешавање технологије
Чишћење-отресање	Преглед и подешавање параметара чишћења и отресања УСЕ
Оптимизација	Преглед и подешавање параметара оптимизације
СИЦК	Преглед и подешавање параметара СИЦК

Табела 12: Опсег технолошких параметара

Симбол	Значење	Распон
Грејање изолатора	Температура грејања изолатора	20÷200 ⁰ С
Грејање левка	Температура грејања левка	20÷200 ⁰ С
Температура ЕФ мин	Минимална температура на улазу ЕФ	20÷200 ⁰ С
Време загревања	Минимално време грејања изолатора	0÷240 min
Време кретања	Време кретања ЕФ	0÷60 min
Блокада отресања	Блокада рада механизма за отресање	0.1
Деблокада вентилатора	Блокада рада ЕФ на ход вентилатора	0.1

Тест дијагностика, табела 13 обухвата сигнализацију стања технологије, стање ВВН, елемената ЕФ и стање комуникације.

Табела 13: Дијагностика стања технологије

Симбол	Значење
Технологија	Сигнализација стања технологије-радни подаци
Елементи	Сигнализација стања елемената
ВВН извор	Сигнализација стања ВВН извора
Комуникације	Сигнализација стања комуникација

1. Сигнализација стања технологије обухвата:

- температуру на улазу ЕФ1 и ЕФ2
- температуру на излазу ЕФ1 и ЕФ2
- температуру изолатора,
- рад уређаја СИЦК

2. Сигнализација стања елемената приказано у табели 14 омогућава оператеру праћење тј. дијагностику стања елемената за отресање, рад ротационих и пужних транспортера, грејање изолатора и тд.

Табела 14: Дијагностика стање елемената

Симбол	Значење
ЗЕОБ	Сигнализација стања ВВН извора
Отресање	Сигнализација стања погона за чишћење отресањем
Грејање	Сигнализација стања грејања изолатора
Ротациони транспортери	Сигнализација стања погона за транспорт
Пужни транспортери	Сигнализација стања пужних транспортера

3. Сигнализација стања ВВН извора

Стање ВВН извора приказује актуалне вредности свих ВВН извора (I_{ss} – средња струја, U_{ss} – средњи напон, U_{pp} – максимални напон, P – снага, P_{rs} – број прескока/мин).

4.3.4. Планирање превентивног одржавања

На основу упутства произвођача опреме, законских прописа и анализе отказа и интервенција у претходном периоду, инжењери, уз сагласност шефа Службе техничко-технолошке припреме одржавања ТЕКО А - Техничко-технолошка припрема, праве посебне Планове и програме превентивних активности за поједина постројења и уређаје (планови подмазивања, обилазака, прегледа, читавања), записе у слободној форми.

Ови планови и програми садрже потребне систематске прегледе за поједине уређаје у зависности од времена рада тих уређаја или уопште од протеклог (календарског) интервала времена. На основу ових планова и програма, који садрже потребне ресурсе (радну снагу, потребно време рада, алат и потрошни материјал), планирају се, крајем године за следећу годину, средства потребна за превентивно одржавање.

4.3.5. Припрема технолошких поступака и обезбеђење потребних ресурса

Инжењер, односно водећи инжењер, дефинише технолошке поступке, време и активности које треба обавити у оквиру превентивног одржавања (у дефинисаној форми организационе јединице за израду технолошких поступака).

Превентивни преглед обухвата обилазак постројења и извршавање потребних послова на постројењу и уређајима који су дефинисани у Радној листи (прилог 1). Преко овог обрасца, инжењери, односно водећи инжењери, дефинишу радне поступке, фазе рада, потребне испитне мере и параметре за подешавање, скице и упутства, број и структуру извршилаца, потребно време рада (норматив), специјалне алате и др. За свако постројење или уређај формира се запис Карта постројења или уређаја _____, у који се уписује: датум прегледа, шта је установљено прегледом, часови рада и потпис одговорног лица. Сва постројења и уређаји обухваћени овим прегледима означени су према књизи - Номенклатура постројења и уређаја. У различитим интервалима времена предвиђају се прегледи са различитим радним поступцима. На основу тога се прави програм свих прегледа по уређају.

На основу дефинисаних потреба исказаних преко Радних листи, Техничко-технолошка припрема и Оперативно-техничка припрема обезбеђују недостајуће потребне ресурсе преко Захтева за набавку дефинисан процедуром и Требовања (запис дефинисан процедуром – Пријем, складиштење и издавање робе из магацина ПД ТЕ-КО Костолац).

а) Покретање и отварање превентивног налога

Превентивни радни налози могу бити стални и појединачни – текући, према предвиђеној динамици одређеној од стране инжењера, односно водећег инжењера.

Покретање и отварање превентивних налога се врши на основу записа Технолошки поступци, време и активности које треба обавити у оквиру превентивног одржавања. При томе се користе следећи обрасци: Радна листа, Карта постројења или уређаја _____, Радни налог бр. ____.

б) Извођење радова

Свакодневно, пословође или инжењери Службе извршења одржавања, преузимају припремљене Радне листе, које се налази на распореду у Служби ОТП, формирају групу за извршење, која приступа реализацији – извршењу према опису, дефинисаном у превентивном налогу. Сваког дана при крају радног времена саопштавају послове за следећи радни дан, као и саставе радних група.

У случају потребе, требају се материјал према процедури – Пријем, складиштење и издавање робе из магацина ПД ТЕ-КО Костолац. Сви потребни записи (требовања и др.) везују се за отворени превентивни радни налог, ради праћења трошкова.

Рад по превентивном радном налогу се евидентира у Радној листи. Пословођа и инжењер извршења уносе датум извршења, потписују након извршења, и враћају као завршене радове у Службу ОТП. Обавезно је попуњавање и потпис сваког радног налога.

У случају да се при извршењу превентивног прегледа утврди да је потребна нека интервенција на уређају, пословођа извршења усмено обавештава инжењера извршења и одговарајућег инжењера, ради доношења одлуке о решењу проблема. Инжењер, односно водећи инжењер, обавезан је да пре отварања радног налога за поправку, изврши проверу рада уређаја и утицај на постројење као целину. Уколико

интервенција захтева застој постројења, инжењер, односно водећи инжењер, отвара радни налог за застој и досије радног налога се враћа у Службу ОТП, део за застој.

Такође, уколико нема материјала који су потребни за реализацију налога, означава се рубрика блокирано у налогу, налог се враћа Служби ОТП и ставља у део за застој због материјала.

По добијању материјала, инжењер, ажурира налог. У радном налогу, односно радној листи пословође бележе податке о утрошеном времену, дефинишу часове рада по појединим радним налозима и то достављају оперативној припреми.

При извршењу послова особље користи прописане технолошке поступке, уз коришћење технолошко-техничке документације, упутства за коришћење опреме и уз придржавање одговарајућих стандарда и прописа. Управљање техничком документацијом врши се у складу са процедуром – Управљање техничком документацијом у ТЕКО А.

ц) Контрола изведених радова

Контролу извршених радова обављају: пословођа, инжењер извршења, инжењер, водећи инжењер, и повремено, у зависности од врсте радова, значаја и врсте уређаја, руководиоци из производње/експлоатације.

По завршеном превентивном налогу, референт ОТП, превентивни налог са свим прилозима, предаје Техничко-технолошкој припреми (одговарајућем инжењеру) ради упознавања са извршеним активностима. Уколико одговарајући инжењер, личним увидом у извршене радове, оцени да нису у потпуности реализоване све активности из превентивног налога, интервенише и враћа налог Извршењу одржавања (преко Службе ОТП) да се те активности изврше. По завршеном послу, референт Службе ОТП их носи на контролу и потпис инжењеру.

д) Евидентирање и закључивање налога

Након упознавања са извршеним активностима, инжењер потписује Радни налог бр. __, враћа је у Службу ОТП, а за поједине уређаје потребне податке уноси у Историјат (запис у електронском облику, у слободној форми) формиран према уређају са ознаком према Номенклатури постројења и уређаја.

Након завршених и потписаних налога, референт Службе ОТП исте комплетира и закључује у Регистар радних налога. Разврстава и одлаже налоге према Номенклатури постројења и уређаја, тако да се могу у случају потребе брзо наћи.

е) Анализа изведених радова

Техничко-технолошка припрема врши анализу изведених превентивних радова и прегледа, прати и уочава евентуалне поремећаје, благовремено планира и предузима неопходне корективне акције у циљу отклањања уочених недостатака.

Инжењер, односно водећи инжењер, дужан је да једном годишње (а по потреби и чешће) изврши преглед и по потреби допуну или измену превентивних налога. Оцену превентивних радова, као и стање уређаја и система уопште, уноси у Годишњи извештај о стању уређаја (запис у слободној форми) који мора предати шефу Службе техничко-технолошке припреме одржавања до 1. јануара наредне године. Део годишњег извештаја чини и план активности за следећу годину.

На основу праћења техничких својстава опреме током експлоатације и достављених извештаја, планирају се и предузимају превентивне активности у циљу спречавања појаве отказа и побољшавања процеса производње.

4.4. *Корективно (интервентно) одржавање*

Корективно одржавање представља скуп свих радњи и поступака којима се технички систем из “стања отказа” враћа у “стање у раду”.

Корективно одржавање је још увек најчешћи начин одржавања техничких система.

- Концепција корективног одржавања техничких система тражи да се поступци одржавања спроводе само ако до отказа дође.
- Поступци корективног одржавања оправљају технички систем и обављају се само ако се систем налази у стању у отказу.
- Генерално корективно одржавање обухвата: идентификацију отказа техничког система, њихових узрока и отклањање отказа.

Главне карактеристике спровођења корективног одржавања су:

- “Поправи кад се поквари”
- Појединачни налози-захтеви се издају по отказу техничког система,
- Доминирају “откази – застоји рада” - губици производње,
- Високи трошкови одржавања. Велике залихе резервних делова и готово увек недовољно делова,
- Немогућност контроле процеса одржавања и планирања трошкова одржавања,
- Не планира се следећи радни задатак, доминирају “изговори” и тражење кривца (немам слободне извршиоце, касни набавка, пребацивање одговорности, ...)
- Нема квалитетне комуникације налогодавца и одржаваоца (комуникација само преко налога), лоше руковање средствима,
- Све је “хитно” или “нема посла” и доминира прековремени рад, (немогућност праћења и испуњавања рокова)
- Одржаваоци су хероји или кривци (завршили су ремонт и “ради”)
- Стратегија одржавања која тренутно доминира у предузећима

Недостаци отклањања отказа при корективном одржавању су:

- Непланирани, неочекивани отказ, затим оправка,
- Допушта се експлоатација техничког система до појаве отказа, без претходних прегледа и праћења стања техничког система,
- Ако се не познају законитости промене стања елемената техничког система, онда ће откази, век трајња или функционисања целина бити случајног карактера - имати стохастичку природу,
- Застоји у раду се не могу предвидети као ни време потребно за оправку.

Поравка представља скуп свих радњи и поступака којима се систем из “стања отказа” враћа у “радно стање” која обухвата:

- идентификацију отказа и њихових узрока и
- отклањање отказа.

Накнадно (интервентно, инцидентно, непредвиђено, корективно) одржавање је део текућег одржавања које се спроводи након појаве отказа на постројењу/уређају, који није могуће предвидети и које најчешће захтева тренутно извођење интервенције одржавања, отклањање неисправности и враћање постројења у радно стање.

Процес накнадног одржавања садржи следеће активности:

- пријављивање отказа,
- припрема интервенције,
- обезбеђење потребних ресурса,
- извођење интервенције,
- контрола изведених радова,
- евидентирање интервенције и
- анализа отказа и интервенције.

Посебна пажња се посвећује специјалним процесима, односно процесима у којима се усаглашеност не може лако верификовати (заваривање, термичка обрада, антикорозивна заштита и др.). Те процесе обављају обучени радници у складу са законским прописима.

4.4.1. Пријављивање неисправности и отказа

Оперативна лица у производњи/експлоатацији, након настанка неисправности, или извршиоци одржавања у току превентивних прегледа, исту евидентирају у Књигу отказа, (запис дефинисан процедуром – Производња и испорука електричне енергије у ТЕКО А).

У случају хитности, шеф смене производње, поред пријављивања преко Књиге отказа, пријављује отказе одговарајућем шефу службе у Сектору производње, који одмах (телефоном) обавештава шефа Службе техничко-технолошке припреме и одговарајућег инжењера, који на основу личног увида предузима потребне мере. Уколико је неисправност или отказ настао после 15 часова, шеф смене процењује погонску ситуацију и у случају потребе одмах телефоном позива и организује долазак радника одговарајуће службе ради отклањања отказа. У зависности од обима и врсте отказа, шеф смене производње информише и шефа Службе производње, шефа Службе техничко-технолошке припреме одржавања и шефа Службе извршења одржавања.

4.4.2. Припрема радова (интервенције)

Након упознавања техничко-технолошке припреме са Књигом отказа, одговарајући инжењер задужен за одржавање постројења на коме је настао отказ, предузима следеће активности:

- Врши дефектажу, утврђивање обима неисправности и отказа и доноси одлуку да ли је потребно отворити радни налог, односно Захтев за рад бр. __ или извршити ситан рад (интервенција мањег обима без требовања резервних делова). Ово евидентира у Књизи отказа.

У случају оштећења основног средства, а када је природа отказа таква да се може очекивати наплата трошкова од Осигуравајуће компаније, информише се Осигуравајућа компанија, прави се Записник о оштећењу основног средства (запис у слободној форми) и отвара се радни налог на терет Осигуравајућег завода.

- Утврђује узрок отказа и потребне операције одржавања ради санирања отказа.

- Припрема потребну техничку документацију (цртежи, шеме, упутства за одржавање)
- Анализира расположивост свих потребних ресурса и по потреби поступа у складу са процедуром – Процес набавке.
- Припрема оперативну документацију, отвара Захтев за рад, дефинише послове, начин извођења интервенције, учеснике у интервенцији, обезбеђења и дозволе за рад и др.
- Захтев за рад, потписује шеф Службе техничко-технолошке припреме одржавања који дефинише степен хитности. Служба ОТП евидентира Захтев за рад бр. __, отвара Радни налог, додељује му број, евидентира у Регистар радних налога, и доставља Извршењу одржавања на реализацију.

а) Обезбеђење потребних ресурса

У случају да је потребно да се набави резервни део или материјал, кога нема у магацину, пише се Захтев за набавку (запис дефинисан процедуром) и поступа у складу са процедуром – Процес набавке.

У случају да је за отклањање отказа потребно да се ангажују услуге лица или организације ван ТЕКО А, такође се пише Захтев за набавку (запис дефинисан процедуром – Процес набавке).

б) Извођење интервенције

Радове обавља Извршење одржавања или ангажована организација под надзором Техничко-технолошке припреме или Извршења одржавања. Инжењер извршења и пословођа се упознају са добијеним радним налогом, формирају групу за извршење, која приступа реализацији – извршењу према опису, дефинисаном у налогу. Извршење мора попуњавати радне листе и сву потребну документацију у току рада. По обављеном упису, радне листе се потписују. Тачност и исправност радних листи контролишу пословођа и инжењер извршења, што оверавају потписом и датумом.

Одговарајући инжењер дужан је да прати процес рада и размењује информације са инжењером извршења и пословођом.

У случају да је потребно обезбеђење радова, шеф смене производње или блоковођа организују поступак обезбеђења путем обрасца Листа обезбеђења бр. __. У случају радова на електро постројењу користи се образац Књига обезбеђења електро уређаја (запис дефинисан процедуром – Производња и испорука електричне енергије у ТЕКО А).

ц) Контрола изведених радова

Контролу изведених радова обавља пословођа и/или инжењер извршења, затим Техничко-технолошка припрема (инжењер који је отворио радни налог) и производња/експлоатација.

Постројење/уређај се предаје Сектору производње, односно експлоатацији, повлачењем обезбеђења, тј. Листе обезбеђења, тек након спроведених потребних испитивања и мерења, уз потписе овлашћених лица. У случају да постоји неусаглашеност, она се отклања предузимањем одређених активности од стране извршења и припреме, уз консултације шефова служби.

д) Евидентирање интервенције

По завршеној интервенцији, инжењер закључује радни налог, својим потписом, а Служба ОТП то евидентира у Регистар радног налога. Интервенције на појединим постројењима/уређајима се уносе и у Историјат, ради праћења стања постројења/уређаја.

Све евиденције везане за реализацију плаћања воде се у Дирекцији за економске послове.

4.4.3. Анализа отказа и интервенције

У случају да је отказ проузроковао застој блока, Производња и Техничко-технолошка припрема анализирају узрок насталог застоја и о томе праве Извештај о застоју (запис у слободној форми). Анализа се врши на основу чињеница, узрока који се морају јасно навести. За то су одговорни водећи инжењери служби, шеф Службе техничко-технолошке припреме одржавања и главни инжењер Сектора одржавања.

Техничко-технолошка припрема врши анализу отказа, тако што прати све интервенције на уређајима, (преко историјата), врши контролу радне способности уређаја, цене коштања раније обављених интервенција и уз коришћење техничке документације предузима корективне интервенције, са циљем отклањања узрока неисправности/отказа, тако да спречава појаву истих отказа у будућности.

На основу ове анализе предузимају се следеће мере:

- израђује се нови или побољшава постојећи радни поступак (технологија) за одржавање,
- врши се замена појединих елемената уређаја, који доводе до отказа, квалитетнијим,
- предлажу се главном инжењеру Сектора одржавања и директору ТЕКО А реконструкције и модификације на уређају или делу уређаја.

4.5. Ремонтно (инвестиционо) одржавање

Ремонт постројења и опреме обухвата послове који се изводе ради извршења законских, технолошко-техничких и других обавеза, као и ради отклањања технолошко-техничких недостатака на постројењима која су стално радила целе године и који се изводе у условима делимичне или потпуне обуставе рада постројења. Ремонт постројења и опреме су активности превентивног карактера, које се планирају и периодично понављају.

Ремонтно одржавање обухвата следеће активности:

- планирање ремонта (инвестиционог одржавања),
- припрема ремонта,
- обезбеђење потребних ресурса,
- извршење ремонта,
- контрола и примопредаја изведених радова,
- евидентирање и закључивање налога и
- анализа и извештавање.

4.5.1. Планирање ремонта (инвестиционог одржавања)

На основу захтева законске регулативе, техничких прописа и стандарда у погледу техничке исправности и сигурности опреме, упутстава произвођача опреме и стања опреме, планирају се ремонти на постројењима и опреми крајем године за наредну годину.

Припрема одржавања дефинише врсту и обим ремонтних радова на основу:

- програма ремонта усвојеног од Управног одбора ЈП ЕПС-а,
- захтева законске регулативе, техничких прописа и стандарда,
- технолошке потребе захтева од стране производње /експлоатације,
- уочене неисправности на опреми и
- анализе записа о стању опреме (извештаји анализе процеса, извештаји о мерењима и испитинањима).

План ремонта раде инжењери, под надзором водећих инжењера и шефова Служби техничко-технолошке припреме одржавања и извршења. План ремонта садржи врсту и обим ремонтних активности по постројењима и уређајима са терминима који дефинишу почетак, трајање и завршетак ремонтних активности. План се доставља главном инжењеру одржавања и директору ТЕКО А који врше потребна усаглашавања и интегрисање планова на нивоу ТЕКО А.

Планирани обим ремонтних радова зависи и од врсте ремонта (стандардни, продужени или капитални ремонти), што зависи од стања опреме, времена рада, препорука и др.

4.5.2. Припрема ремонта

На основу дефинисане врсте и обима ремонтних радова, приступа се припреми ремонта, прављењем планова за непосредно извођење, који садрже следеће активности:

- а) Дефинисање Технолошких поступака преко Радних листи.
- б) Дефинисање потребних резервних делова, потрошног материјала и алата преко Захтева за набавку (дефинисан процедуром– Процес набавке).
- ц) Дефинисање обима и врсте услуга преко Захтева за набавку. На основу програма ремонта за поједине блокове и постројења, одређују се лица за реализацију и прави се план активности којим се дефинише обим и врста услуга и рокови извршења.
- д) Отварање ремонтних Радних налога
- е) Обезбеђење потребних ресурса

4.5.3. Процес реализације ремонта

Извршење ремонта обавља се по дефинисаном термин плану и ремонтним листама активности за поједину опрему, за шта су одговорни инжењери.

Радове обавља Извршење одржавања или ангажована организација под надзором припреме, инжењера извршења и пословође, у складу са важећим техничким прописима за радове на тим постројењима.

Инжењер извршења и пословођа, према добијеним ремонтним налозима, са инжењерима, формирају групе за извршење, које приступају реализацији – извршењу према опису, дефинисаном у налогу.

Инжењери су одговорни за планирање обима, начина испитивања, редоследа, броја извршилаца. Промена плана и технологије мора бити усклађена са шефом Службе техничко-технолошке припреме одржавања и главним инжењером Сектора одржавања.

Инжењер извршења и пословођа су одговорни за спровођење технологије, размену повратних информација са техничко-технолошком припремом и за квалитет обављеног посла.

Активности везане за: обезбеђење радова, заваривање, требовање материјала, надзора, евиденције о утрошеном времену и ангажовању запослених дефинисане су у склопу извођења интервенције.

Ток реализације ремонта се континуирано прати електронским путем седмодневним уносом података.

а) Контрола и примопредаја изведених радова

У процесу реализације ремонтних радова врши се стална контрола од стране надзора.

Постројење/уређај се предаје организационој јединици, тј. производњи, односно експлоатацији, повлачењем обезбеђења, тј. Листе обезбеђења, тек након спроведених потребних испитивања и мерења, уз потписе овлашћених лица. У случају да постоји неусаглашеност, она се отклања предузимањем одређених активности од стране извршења и припреме, уз консултације шефова служби.

Примопредаја радова на опреми и инсталацијама током ремонтних радова врши се између овлашћених представника извођача радова, надзора, техничко-технолошке припреме и корисника опреме. Примопредаја обухвата проверу рада по фазама, контролу докумената о извршеним радовима и пробни рад опреме и постројења. Потписом учесника на Записнику о примопредаји радова (запис у слободној форми), потврђује се да су радови изведени према техничкој документацији и да су након старта постројења постигнути параметри процеса у границама пројектованих.

У случају да постоји неусаглашеност, односно одступање у раду уређаја, она се отклања предузимањем одређених активности од стране извршења и припреме одржавања да се неусаглашеност отклони.

б) Евидентирање и закључивање налога

ц) Анализа и извештавање

Служба техничко-технолошке припреме одржавања, врши анализу изведених ремонтних радова на постројењу, цене коштања обављених интервенција, анализу утрошеног материјала, рада и осталих трошкова и о томе прави извештај. Шефови Службе техничко-технолошке припреме одржавања и извршења проверавају и усаглашавају појединачне извештаје инжењера и целовит Извештај о ремонту (запис у слободној форми) предају главном инжењеру Сектора одржавања и директору ТЕКО А, најкасније 30 дана од завршетка ремонта.

д) Анализа и стално побољшавање

На основу обављених анализа у току текућег и инвестиционог одржавања, спроводе се активности побољшавања у правцу:

- измене технологије одржавања, начина извођења поступака,
- обезбеђивања одговарајућих потребних уређаја, опреме и алата који задовољавају захтеве сигурности и поузданости,
- унапређења знања и искуства особља (образовање, семинари из домена технологије одржавања),

- модификације и реконструкција опреме и уређаја, вршењем сталних унапређења, коришћењем нових знања и научно-техничких достигнућа и коришћења информационог система.

4.6. Предиктивно одржавање

Унапређење концепције одржавање је био прелаз на *предиктивно* одржавање, које је засновано на утврђивању стања техничког система током рада. Ова концепција се често назива и *одржавање по стању*, тј. на основу утврђеног стања.

Одржавање по стању је заснована на чињеници да ће већина елемената техничког система испољити некакав тип "упозорења" пре сопственог отказа. Сагледавање стања, на које нас технички систем (машина) упозорава, захтева анализу и испитивања, као што су анализа уља, хабање, анализа честица, анализа вибрација и мерења температуре.

Примена ових техника у циљу одређивања стања машине резултује се у значајно ефикаснијем одржавању у односу на раније типове одржавања. Предиктивно одржавање омогућава менаџменту да контролише опрему и програм одржавања. У предузећу које користи предиктивно одржавање, стање укупне опреме је познато у сваком тренутку, чиме се омогућава значајно прецизније планирање.

Овај вид одржавања користи бројне различите дисциплине, од којих је најзначајнија периодична анализа вибрација која пружа највише информација о стању елемената машине. Неке машине, које су од кључног значаја за рад целокупног постројења, могу бити предмет непрекидног мониторинга вибрација, што значи да би постојало упозорење, односно огласио би се аларм чим се вибрације повећају преко унапред одређеног нивоа. Тако се спречава брзо ширење недостатака и појава хаваријског отказа.

Анализа уља и честица насталих хабањем су важне компоненте савремених планских програма, посебно код критичне или изузетно скупе опреме. Термографија је мерење површинске температуре инфрацрвеном детекцијом и од велике је користи код детектовања проблема у електро инсталацији (прекидачи), као и код других делова са отежаним приступом. Анализа криве струје мотора је веома корисна техника за детекцију напуклих или поломљених шипки ротора, и то током рада мотора.

Основна предност предиктивног одржавања је већа погонска спремност постројења због веће поузданости опреме. Временски тренд развоја отказа код машине се може пажљиво пратити и на основу тога планирати одржавање, а у складу са планским застојима. Бројне индустрије извештавају о повећању продуктивности за 2 до 10% на основу примене предиктивног одржавања.

Предност примене предиктивног одржавања су мањи трошкови за резервне делове и време утрошено за отклањање отказа. Поправка машине која је отказала током рада може да буде и до десет пута скупља него предвиђена, планска поправка исте машине. Велики број нових машина отказује убрзо после пуштања у рад због отказа који се јављају у периоду уходавања или због неправилне монтаже.

Предиктивне технике се могу искористити у циљу обезбеђивања правилне саосности и свеукупног интегритета инсталиране машине, при првом пуштању у рад. Многа постројења условљавају примопредају нове инсталиране опреме на основу потврде добијене мерењем вибрација. Предиктивно одржавање умањује вероватноћу појаве хаваријског отказа машине, чиме се унапређује и повећава поузданост техничког система.

4.7. Проактивно одржавање

Последња иновација у области предиктивног одржавања је такозвано проактивно одржавање, које примењује разне технологије у циљу продужења века система и ради практичне елиминације реактивног одржавања. Основни део проактивног програма је анализа основног узрока отказа, односно утврђивање механизма и узрока појаве неисправности на систему. Фундаментални узроци појаве отказа на системима се на овај начин могу отклонити, а механизми отказа се постепено могу инжењерским приступом елиминисати са сваке инсталације.

Проактивно одржавање је искорак напред предиктивном одржавању засновано је на утврђивању стања система, тј, на чињеници да ће већина елемената система испољити некакав тип упозорења пре отказа. Проактивно одржавање користи разне технологије у циљу продужења века (поузданости) система. Проактивни приступ подразумева анализу понашања и стања карактеристика склопова и елемената техничких система.

Проактивно одржавање, односно проактивни приступ проблему одржавања техничких система базиран је на сталном праћењу и контроли основних узрочника отказа и активностима на њиховом елиминисању или значајном смањењу њиховог негативног дејства.

Суштина проактивног одржавања је утврђивање основних узрочника отказа и њихова елиминација. Проактивни приступ проблему одржавања техничких система, базиран је на сталном праћењу и контроли основних узрочника отказа и активностима на њиховом елиминисању или значајном смањењу негативног дејства. Са друге стране превентивно одржавање према стању усмерено је на откривање и праћење раних симптома отказа (вибрације, температуре, продукти хабања...).

Концепт проактивног одржавања се недавно појавио у индустријској пракси и привукао значајну пажњу, наручито после објављивања првих резултата, који су сведочили о великим уштедама постигнутим применом ове методе одржавања.

Проактивни концепт, односно метода одржавања не прихвата отказ као нормално и могуће стање, већ се спроводи низ адекватних мера да до отказа уопште не дође. Једноставно речено тежи се да сваки технички систем „води здрав живот“ и да му се на тај начин максимално продужи век експлоатације.

Основни принцип у проактивном одржавању је идентификација и елиминација узрочника отказа. Искуство је показало да и поред великог броја могућих узрочника, само неколико њих је одговорно за највећи број отказа. Детаљнијом анализом је потврђено да је само 10% свих могућих узрочника отказа одговорно за више од 90% отказа.

Поступци реализације проактивног одржавања техничког система су:

- Надгледање рада система и његових перформанси,
- Испитивање разлога поремећаја у раду система,
- Иницирање превентивног одржавања,
- У случају грешке захтева се реконфигурација система,
- Након отклањања недостатку и неправилности рада система врши се контрола перформанси,
- Систем се враћа у првобитно стање.

Потенцијални отказ је стање техничког система које показује да ће до функционалног отказа доћи у скором временском периоду или је отказ у процесу

настајања. Технички систем и даље извршава функцију циља али неки параметри техничког система су промењени. Примери за такво стање су:

- повећање вибрација услед оштећења лежачевог,
- повећање температуре на одређеним местима услед трења,
- продукти хабања у уљу редуктора,
- прекомерно хабање газећег слоја на гумама,
- пукотине које показују замор материјала...

Концентришући се на узрок отказа уместо на симптоме, проактивно одржавање је препознато као најважнији начин да се постигну уштеде које технике конвенционалног одржавања нису могле да обезбеде:

- Основни принцип је идентификација и елиминација узрока неисправности,
- Искуство показује да око 10% од свих могућих узрочника доводи до око 90% проблема/отказа,
- Најбољи резултати постигнути су код хидрауличних система, првенствено због несумњиве идентификације главног узрока отказа – контаминације радног флуида,
- Контаминација настаје због присуства чврстих честица (продукти хабања), влаге, ваздуха, хемикалија, микроорганизама, промене физичко-хемијских особина, итд.

Постоје суштинске разлике између превентивног и проактивног одржавања, и концепцијски приступ одржавању приказан је у табели 15.

Табела 15: Упоредна анализа превентивног одржавања и проактивног одржавања

ПРЕДМЕТ АКТИВНОСТИ	Превентивно одржавање	Проактивно одржавање
	узрочници отказа	симптоми и рани показатељи отказа
ТЕХНОЛОГИЈЕ КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ	контрола контаминације,	вибродиагностика, термовизија, анализа продуката хабања рано
	динамичко уравнотежавање	
	(балансирање), подешавање саосности	
РЕЗУЛТАТИ И ЦИЉЕВИ	рад без отказа, продужење експлоатационог века	откривање грешака и отказа

Основни елементи проактивног приступа у одржавању јесу:

1. мониторинг,
2. дијагностика и
3. прогностика.

4.7.1. Мониторинг стања

Мониторинг стања и дијагностика отказа техничких система представљају технике чија примена у одржавању има вишедеценијску традицију и у основи се везује за концепт превентивног одржавања према стању, односно веза између концепта и ове технике је готово једнозначна. Обухватају активности које подразумевају праћење групе одабраних физичких параметара неког техничког система у циљу распознавања стања система у условима ограничених информација. Мониторинг стања техничког система представља све активности усмерене на прикупљање информација и података које одређују стање тог техничког система у времену. Утврђене промене стања, изнад дефинисаних граница, представљају индикаторе поремећаја у систему и симптоме могућег отказа, па се тада, као логичан наставак мониторинга стања реализују активности у циљу дијагностике отказа.

4.7.2. Мониторинг стања елемената електрофилтера

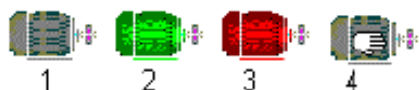
У циљу управљања и функционалне дијагностике стања система електрофилтера, на екрану елементи су приказани одговарајућим графичким симболима (слика 19), а бојама приказано је стање елемената (табела 16), тако да боја приказије у ком тренутном стању и режиму рада се елементи система налазе.

Табела 16: Боје елемената

Боја	Значење
Сива	Елемент искључен (неактиван)
Зелена	Елемент укључен (ради без отказа)
Плава	Укључен режим синхрон. елемената
Црвена	Отказ елемената

Стање већине елемената на екрану је допуњено текстуалном поруком која тачно описује моментално стање или врсту настале неисправности.

Група погона и мотора за транспорт



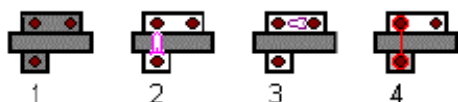
1. мотор искључен
2. мотор укључен
3. отказ мотора
4. мотор искључен (режим мануал)

Загревање изолатора



1. грејање искључено
2. грејање искључено, регулатор грејања укључен
3. грејање укључено (режим аутоматки)
4. грејање искључено (режим мануал)
5. грејање укључено (режим мануал)

Уредјај СИЦК - за мерење концентрације штетних материја



- 1 – уређај искључен
- 2 – рад уређај
- 3 – отказ уређаја
- 4 – уређај искључен - (ручно)

Слика 1 9: Дијагностика стања (графички симболи елемената)

4.7.3. Дијагностика отказа

Дијагностика отказа обухвата активности усмерене на анализу симптома и информација, прикупљених у процесу мониторинга стања, у циљу откривања локације, узорака, природе и карактеристика отказа или стања које потенцијално води ка отказу компоненте или система. Резултат дијагностичких процедура представљају сазнања која се користе и процесу доношења одлука о предузимању одговарајућих активности из домена одржавања.

Процес дијагностиковања стања техничког система садржи се у логичкој обради неке објективне суштинске информације, која долази до техничког система ”у раду” у одређеном тренутку времена – та информација долази у облику система симптома који директно карактеришу техничко стање система.

Системе дијагнозе за одређивање стања техничких система могу се сврстати:

1. Систем тест-дијагнозе.

Утицај на објекат дијагнозе је поступан и долази од средстава за дијагнозу. Врсту и редослед преноса утицаја можемо бирати у почетку уз услов ефективне организације процеса дијагнозе.

2. Систем функционалне дијагнозе.

Утицаји на основне улазе објекта у систему функционалне дијагнозе задати су његовим радним алгоритмом функционалног оспособљавања техничког система, после отказа, за намену за коју је пројектован.

Елементарна провера обухвата предају улазних сигнала објекту и пријем и мерење одговарајућих излазних сигнала (одзива). За реализацију тих операција, средства дијагнозе треба да садрже:

- Извор утицаја (за тест дијагнозу),
- Мерне уређаје (уграђене или преносне), и
- Уређаје везе.

Резултате дијагнозе треба представити у облику који је погодан за практично коришћење – резултат дијагнозе у принципу треба да буде један од одзива:

1. Систем је исправан,
2. Систем је неисправан.

Техничка дијагностика се примењује при одређивању:

1. Радног стања; Мере се радни параметри које су дефинисали произвођачи машине и који се морају одржавати у одређеним границама (притисак, температура, проток, зазор);
2. Степена оштећења; Помоћу одређених поступака дијагностике утврђује се колико је оштећење проузроковано радом машине;
3. Поузданости и ефективности; Утврђује се да ли је задовољена радна способност и сигурност од отказа; испитујући поузданост утврђује се и прогноза преосталог коришћења система;
4. Прогнозе преосталог коришћења и
5. Квалитета производње (експлоатације) и одржавања.

За примену мера техничке дијагностике на располагању су начелно два облика:

1. Стална или перманентна дијагноза (on-line):
 - Дијагностички уређаји су директно уграђени у саму машину,
 - На основу добијених параметара контролишу стање најважнијих склопова за време његовог рада,
 - Тренутна анализа,
 - Прекид рада система због дијагностиковања није потребан.
2. Периодична дијагноза (off-line):
 - Мере дијагностике се примењују после одређеног времена рада система или после прописаних извршених радова,
 - Машина се може искључити из процеса рада.

Проактивни приступ одржавању подразумева и дијагностичке контроле могу се поделити на контроле ради:

- Утврђивања радног стања,
- Одржавања радног стања,
- Контроле стања.

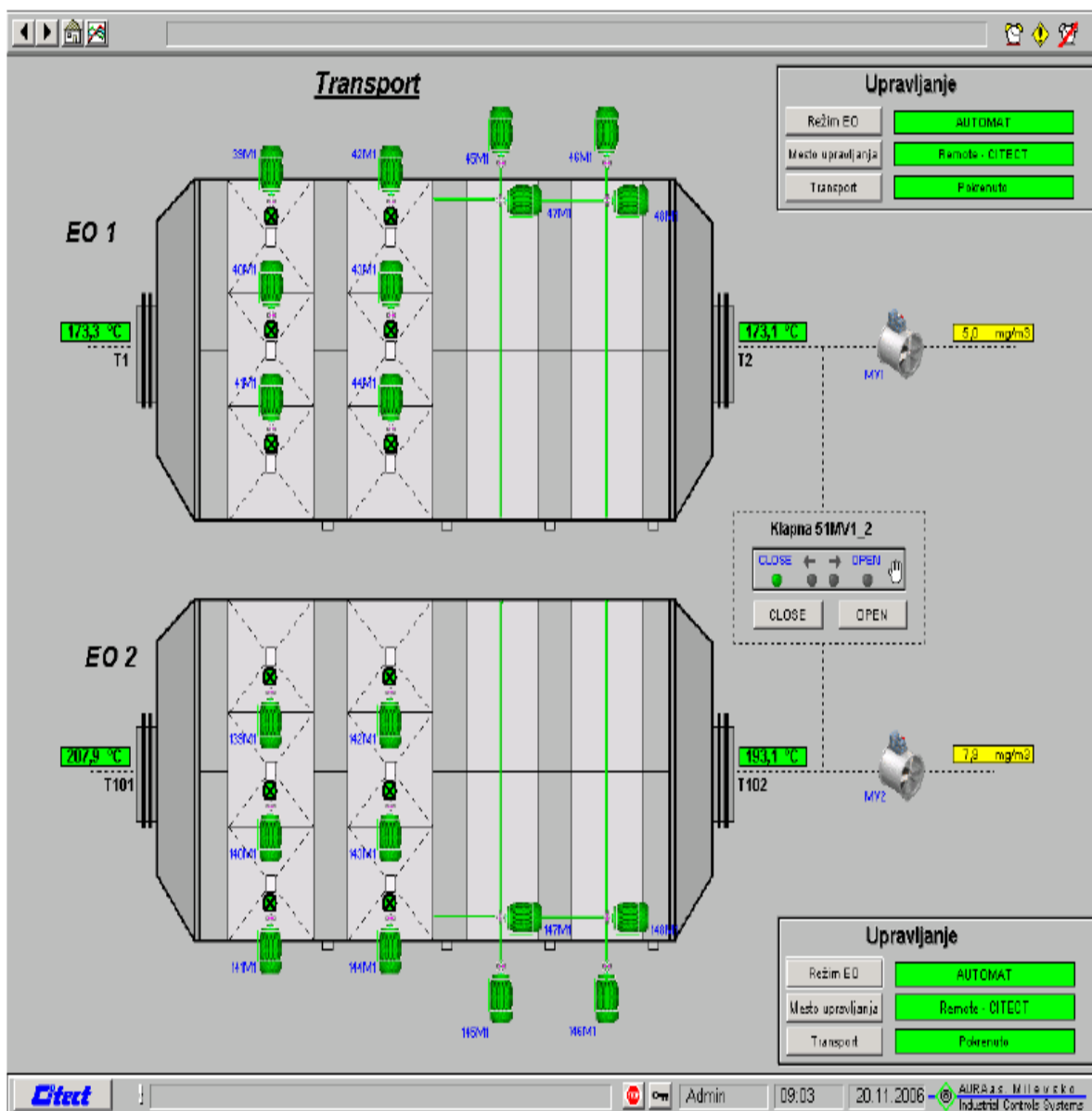
Утврђивање радног стања – остварује се применом одговарајућих инструмената али и на основу чулних опажања (доноси се оцена стања). Утврђивање радног стања

подразумева претходно дефинисане критеријуме дозвољеног и недозвољеног стања.

Одржавање радног стања – подразумева се обилазак техничког система у унапред предвиђеном програму. Сагледавање стања без дубље анализе и предузимања једноставнијих активности како би се вероватноћа отказа смањила. Активности: чишћење, доливање уља и мазива, подмазивање и проверавање мазива и уља, чишћење или замена делова система за пречишћавање итд.

Екран свих елемената електрофилтера (Сл.20), даје актуално стање елемената (механичко отресање, левци, високонапонски извори, уређај за мерење концентрације чврстих честица) и на тај начин оператеру даје преглед стања система и прати вредности улазних и излазних параметара.

Екран приказа стања електрофилтера омогућава дијагностику рада електрофилтерског постројења, тј. даје приказ рада електрофилтера са технолошким параметрима. Поред приказа стања уређаја електрофилтера на екрану, приказани су сви битни параметри рада електрофилтера као што је температура димних гасова на улазу и излазу електрофилтера, температура грејача изолатора, концентрација чврстих честица, начин управљања електрофилтером, програм отресања итд., на основу којих руковаоц електрофилтерским постројењем може кориговати одређене параметре чиме би се повећала ефикасност рада електрофилтера. То се постиже посебним програмом "Оптимизација" у менију Параметри који се показује на дисплеју за подешавање и праћење параметара режима електрофилтера-оптимизација.



Слика 20: Екран стања транспорта

4.8. Прогностика

Иновативност проактивног приступа је базирана на предикцији (предпоставци) деградације експлоатационих карактеристика техничког система кроз процес прогностике.

Процес прогностике у проактивном приступу има за циљ рано препознавање узрочника отказа. Идентификација ових узрочника отказа помаже у одређивању тачке почетка деградације експлоатационих карактеристика и праћењем симптома кроз процесе мониторинга и дијагностике.

Прогностика представља скуп активности усмерених ка процењивању преосталог времена до отказа за конкретан технички систем, односно ризика од присутности или појаве једног или више модалитета отказа у будућности.

Ефикасност прогностике може бити сасвим задовољавајућа за модалитете отказа које имају релативно познату и понављајућу временску карактеристику, коју прати прогресивна деградација кључних експлоатационих карактеристика техничких система. У случајевима модалитета отказа са случајним и изненадним манифестацијама, прогностика представља веома тежак задатак са неизвесним резултатима чија се поузданост не може планирати.

Дефинисање процењеног времена до отказа врши се преко дијагностичких параметара који су предмет мониторинга стања на техничким системима. Резултати мониторинга стања представљају слику тренутног стања, а њиховим праћењем кроз дужи временски период формира се база података о историји стања техничког система.

4.9. Побољшање стања техничког система применом проактивног одржавања

Успешан проактивни програм одржавања би постепено, током времена, пројектно-инжењерским захватима отклонио проблем који има технички систем, а што би за последицу имало значајно продужен век система, скраћен период застоја и повећан производни капацитет. Једна од најбољих особина проактивног приступа је да су његове технике надограђују на технике које се користе у предиктивном програму, тако да се лако могу додати у постојеће програме. Данас је већ очигледна неопходност за избалансираним приступом одржавању, укључујући одговарајуће методе превентивног, предиктивног и проактивног одржавања, при чему ови елементи нису независни, већ треба да буду интегрални део јединственог програма одржавања. Дефинисање стратегије или концепције одржавања одређеног техничког система представља централно место проблематике одржавања.

Флексибилност службе одржавања посебно се огледа у њеној способности да своје радове превентивног одржавања обавља за време технолошких застоја система. Све ово говори о потреби да служба одржавања мора свој рад да подреди основном циљу, односно остварењу максималне расположивости, сигурности функционисања опреме, уз настојање да се при томе остваре што мањи трошкови одржавања. Да би повећали ефикасност одржавања, постојеће организационе структуре неминовно морају извршити често и драстичне промене. Цео систем одржавања у том смислу требало би да буде кохерентнији, са јасно израженим границама одговорности и јасним разграничењем према основној делатности техничког система. Општа организациона структура пре свега мора да има мање нивоа руковођења, посебно у термоенергетским постројењима. Један од основних предуслова за побољшање процеса одржавања је свестрана логистичка подршка и то пре свега у смислу сталног праћења и оцењивања параметара и перформанси система одржавања, у циљу предузимања активности које треба да побољшају рад система са становишта постављене функције критеријума или неких других захтева.

4.10. Проблеми у раду електрофилтера и система пнеуматског транспорта

У циљу ефикасности рада електрофилтера, повећања поузданости и економичности, а у циљу оптимизација техничког система и система одржавања, уведени су нови елементи у процесу одржавања тако што је вршено континуално праћење стања и анализа поремећаја у раду електростатичког филтера:

- Систем је дисконтинуалан – Приликом транспорта (пражњења посуда под притиском) престаје пуњење посуда те се пепео из електрофилтера даље таложи у транспортним коритима и левковима електрофилтера. Задржавањем пепела у левковима долази до повлачења прашине услед подпритиска тако да се одређена количина пепела враћа у електрофилтер, што има за последицу повећање вредности емисије честица на излазу из електрофилтера и димњака.
- Мерење у електрофилтерским бункерима је непоуздно, често долази да бункери остану запуњени материјалом, зато што сигнал за максимални ниво не пошаље информацију о нивоу запуњености, а такође дешава се да на електрофилтерском бункеру мерење показује максимални ниво, иако у бункеру нема материјала
- Анализом је установљено да се проблем јавља услед таложења пепела испод канала димног гаса који се задржава на ткз. "каскадама" на улазу у флуидизационе цеви
- Услед хаварије на једној од посуда, и времена потребног за решавање проблема, посуда остаје ван рада чиме, је угрожен систем транспорта пепела, затрпавања левкова електрофилтера и прекид рада система отпрашивања.
- Услед хаварије на вентилима за пражњење посуда „Моллер“ вентил испод посуда, отежана је интервенција на истим због скученог простора и немогућности маневрисања.
- Учестало отказивање лептирастих вентила услед абразије пепела.
- Повећано хабање транспортног цевовода (и пипадајуће опреме) пепела од котларнице до силоса.

Листа уочених неправилности на систему за пречишћавање чврстих честица приказано је у табели 17.

Табела 17: Листа уочених неправилности на систему за пречишћавање чврстих честица

Број	ознака	Опис отказа	Захтев за рад	Напомена
001.	1/2 НУ 12/13 Г001	На улазу пепела у флуидизационе цеви долази до зачепљења (међу каскадама)		
002.	1/2 НУ 33- 38 Л101 / 201	Мерење у електрофилтерским бункерима је непоуздано		
003.	1 НУ 37 Л101	Показује мах.ниво, нема материјала		
004.	1/2 НУ 11/12 Д001	Вентилатори за потпу. ваздуха у котларници се укључују даљински, на екранском приказу SCADA стоји да су на локалу		

4.11. Проактивни приступ одржавања електрофилтеа

Систем за прикупљање и отресање електрофилтарског пепела се изводи у левковима, (24 комада) за обе јединице, који се даље пнеуматским транспортом, коритима транспортује до посуда. Након пуњења и пражњења, електрофилтарски пепео се даље транспортује до силоса. Летећи пепео доспева кроз отворене шибере и осцилирајуће клапне у транспортно корито. Осцилирајуће клапне служе као затварач за гасове и спречавају да димни гас из ЕФ-а допре до постројења за отпепељивање.

Транспортно корито се употребљава само за време пуњења посуде под притиском, док се за време пражњења (транспорта) посуде, пепео из ЕФ-а складишти у транспортном кориту и левку ЕФ-а, чиме овај систем постаје дисконтинуалан. Пепео из транспортне цеви доспева у суд под притиском све док се не оствари максимални ниво напунљености суда под притиском или док не пређе максимални ниво пуњења суда. Када се пуњење суда под притиском заврши управљачка јединица најављује да је посуда под притиском спремна за транспорт.

После тога пнеуматски вентил се отвара на излазу суда под притиском и летећи пепео из суда под притиском доспева у ТТС- транспортну инсталацију и транспортује се до силоса за летећи пепео. За време транспорта из суда под притиском, притисак у ТТС-транспортној инсталацији се надгледа помоћу трансмитера за притисак, а пнеуматска запорна „клапна горњег притиска“ и пнеуматска запорна клапна се у зависности од притиска у транспортној инсталацији отварају и затварају. Тиме се постиже континуирано

и оптимално одвођење материјала из суда под притиском. Крај транспорта је постигнут када притисак у транспортној инсталацији падне испод дефинисаног, ниског притиска или када се премаши максимално програмирано време за транспорт. Сва запорна опрема се затвара.

Услед лошег рада система, велика количина прашине долази у простор командне просторије и у простору намењен за управљање процесом.

Систем је потребно пројектовати тако да буде континуалан тј. без задржавања пепела у левковима електрофилтера између фазе пуњења и пражњења посуда за транспорт.

Потребно је заменити вентиле на постојећим посудама сходно условима у којима процес функционише и прилагођеним за експлоатацију.

Број инсалираних мерења нивоа пепела у електрофилтерским бункерима потребно је повећати уградњом додатних сензора.

Основни циљеви планираних радова проактивним приступом на делу постројења су следећи:

1. Отклањање свих до сада уочених технолошких ограничења применом савремене и ефикасније опреме,
2. Смањење отказа опреме и интервенција,
3. Повећање поузданости система и опреме,
4. Усаглашавање са захтевима заштите животне средине.

5. КОНТРОЛА И МОНИТОРИНГ РАДА ЕЛЕКТРОФИЛТЕРА

Да би се осигурао исправан рад и повећавала поузданост и функционалност електрофилтера неопходна је редовна контрола:

- за време рада,
- дневна контрола и мониторинг,
- превентивна контрола.

Табела 18: Количина пепела

	Место издвајања	Hd=7600KJ/kg	Hd=6600KJ/kg
I поље	6	75,6 t/h	106,5t/h
II поље	6	16,5 t/h	23,2t/h
III поље	6	3,6 t/h	5,1t/h
IV поље	6	0,9 t/h	1,4t/h

Табела 19: Расподеле честица електрофилтерског пепела

Величина честица	1. поље		2. поље		3. поље		3. поље		Сва поља	
	Мера	Велич.	Мера	Велич.	Мера	Велич.	Мера	Велич.	Мера	Велич.
(мм)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
-1.5+1	0.98	100.00	0.40	100.00	0.16	100.00	0.45	100.00	0.77	100.00
-1+0.5	3.37	99.02	1.46	99.60	0.70	99.84	1.32	99.55	3.48	99.23
-0.5+0.4	3.18	93.65	0.56	98.13	0.40	99.14	0.71	98.24	3.42	95.75
-0.4+0.3	17.42	91.47	1.77	97.57	1.46	98.74	5.21	97.53	23.84	91.33
-0.3+0.2	17.70	73.05	2.87	95.81	2.59	97.27	3.79	92.31	16.75	66.49
-0.2+0.1	30.80	56.35	28.59	92.94	33.49	93.68	19.23	88.52	21.39	49.74
-0.1+0.075	11.63	25.55	20.22	63.35	24,38	61.19	32.07	69.29	11.47	28.34
-0.075+0.04	9.03	13.92	35.49	43.13	23.42	36.81	33.59	37.22	12.91	16.88
-0.04+0	3.89	3.89	8.65	8.65	12.38	12.38	3.63	3.63	3.97	3.97
Укупно	100		100		100		100		100	

5.1. Контрола електрофилтера за време рада

За време рада потребно је:

а) пратити температуре издувних гасова путем мерења температуре на улазу и излазу електрофилтера. Температура издувних гасова се мора безусловно одржавати у датом опсегу. Пад температуре испод тачке росишта може да узрокује сметње у функционисању електрофилтера. Повећање температуре је нежељено у погледу материјала и димензија кућишта.

б) уклањање прашине. Загушен левак узрокује кратке спојеве и угрожава функционалност електрофилтера. Због тога неопходно је редовно уклањање талога из левкова.

ц) пратити стање сигнализације са електричних уређаја, инсталација и ВН извора напајања. Преглед ових уређаја мора бити у сагласности са прописаним правилима и упутством произвођача.

д) статички притисак и пад притиска у електрофилтру. Пад притиска може бити узрокован таложењем на зидовима сепаратора, или услед промене температуре.

5.2. Дневна контрола и мониторинг

Мониторинг тј. праћење емисије чврстих честица у атмосферу је основни показатељ функционалног стања електрофилтера. Поред мониторинга тј. праћења емисије чврстих честица у атмосферу, неопходна је и дневна провера склопова и делова електрофилтера, тамо где је визуелно могуће.

Провера обухвата:

- а) преглед свих моторних уређаја,
- б) подмазаност редуктора, електричних мотора и свих осталих механизма,
- ц) преглед пуњења левкова,
- д) функционални тест свих контролних, мерних и сигналних уређаја,
- е) провера спојева прирубница,
- ф) функционални тест,
- г) препорука је да се дневно прати снага ВН извора.

На основу измерене дневне вредности које су приказане у табели 19 просечна дневна емисија износила је 46 мг/м^3 .

Табела 20: Вредности дневне емисије чврстих честица

Време	mg/m ³	Време	mg/m ³	Време	mg/m ³	Време	mg/m ³	Време	mg/m ³	Време	mg/m ³
00:30	36	04:30	29	08:30	34	12:30	34	16:30	42	20:30	40
01:00	33	05:00	37	09:00	28	13:00	34	17:00	39	21:00	41
01:30	38	05:30	28	09:30	32	13:30	32	17:30	30	21:30	38
02:00	40	06:00	40	10:00	39	14:00	140	18:00	36	22:00	88
02:30	28	06:30	27	10:30	35	14:30	133	18:30	36	22:30	48
03:00	48	07:00	26	11:00	33	15:00	36	19:00	44	23:00	47
03:30	29	07:30	34	11:30	46	15:30	46	19:30	40	23:30	42
04:00	42	08:00	35	12:00	35	16:00	46	20:00	47	24:00	29

У посматраном периоду дошло два пута до отказа елемента електрофилтера, што је проузроковало емисију штетних материја у атмосферу изнад дозвољених вредности и то:

Узрок повећане емисије је услед неисправности на систему транспорту пепела због отказа клизног лежаја на пужном транспортеру услед похабаности. На лежају (који су термички обрађени и цементирани), дошло је до оштећења (хабања) најпре цементираног слоја, чиме се смањује попречни пресек и помера се оса сегмента пужа и у критичном тренутку када је похабаност лежаја достигла максимално могућу величину настао је отказ рада пужног транспортера. На завршном делу пужног транспортера налази се сензор-давач броја обртаја у циљу функционалне дијагностике, који прослеђује информацију на командном панелу о броју обртаја тј. да није у функцији. Отказ пужног транспортера условило је испад високог напона у другој зони треће секције електрофилтера 1, а самим тим и комплетно отресање у трећој секцији електрофилтера 1. Због искључења треће секције део прашине излазио је кроз димњак што је имало за последицу повећану емисију у атмосферу. Уколико се у кратком временском периоду не отклони неисправност (максимално 2х), дошло би до таложења прашине у трећој секцији што би онемогућило укључење исте.

Дијагностички параметри у циљу повећања поузданости за оцену стања клизних лежајева су:

- визуални преглед лежаја,
- термичко стање лежајева,
- стање средства за подмазивање,
- осцилаторско понашање транспортера,
- бука која се генерише при раду транспортера.

У другом случају дошло је до загушења прашине у левковима у другој секцији услед лоше заптивености. Транспорт пепела са II и III секције врши се хидрауличким путем, класичном изведбом чајника. У бункеру за прашину изнад левкова, постоје

сензори нивоа таложне прашине који искључују одређене зоне у случају повећања нивоа, и сигнализирају на контролном панелу. Лоша заптивеност је настала због хабања на делу левка. У циљу повећања поузданости обавезна је контрола у току рада и редовно вршити превентивне прегледе у циљу идентификације и отклањања уочених неправилности у раду.

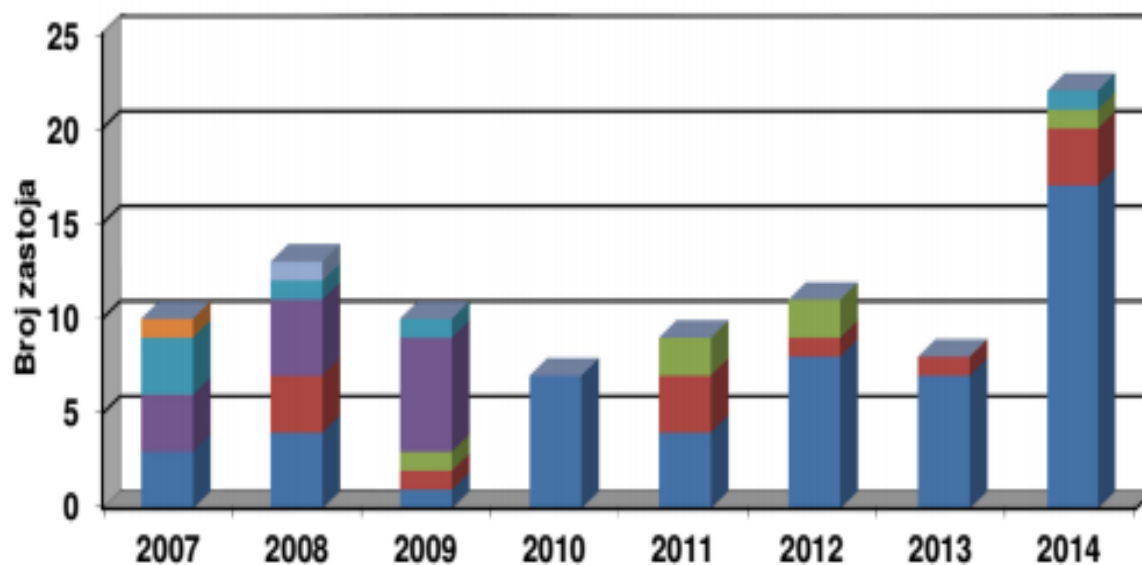
6. АНАЛИЗА РАДА/УЗРОКА ОТКАЗА БЛОКА А2 У ПРЕДХОДНОМ ПЕРИОДУ

Основни показатељи рада термоенергетског постројења су:

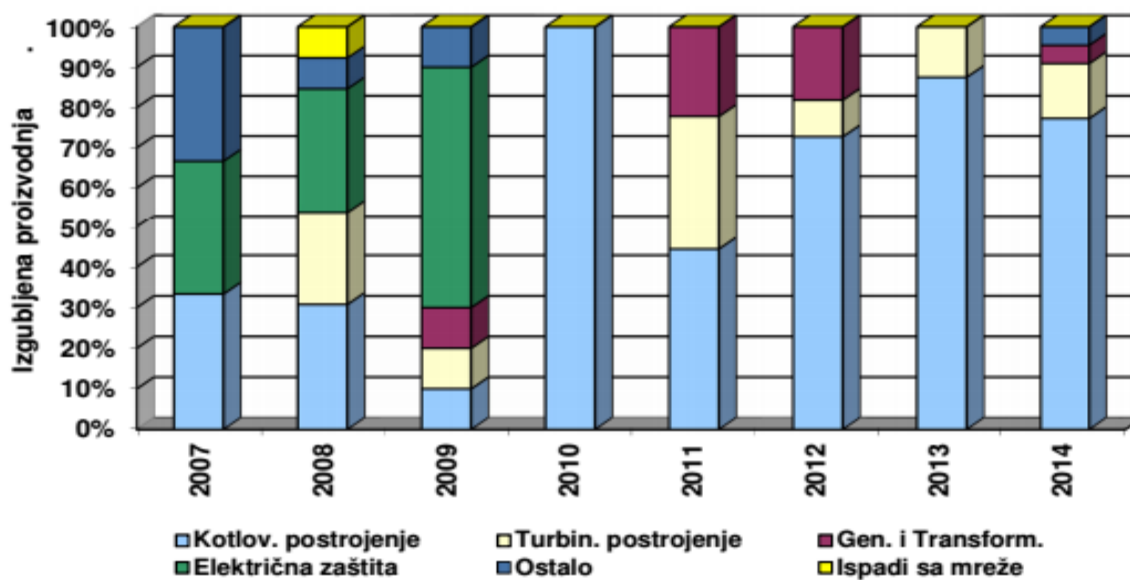
1. Остварени сати рада на мрежи,
2. Планска производња (нето),
3. Остварена производња (генератор),
4. Остварена производња (нето),
5. Просечна снага на генератору,
6. Сопствена потрошња,
7. Број застоја блока,
8. Укупно време трајања принудних застоја,
9. Укупно време трајања планских застоја (ремонт и хладна резерва),
10. Специфична потрошња горива (угаљ и дизел гориво),
11. Потрошња угля,
12. Потрошња дизела.

Учешће појединих делова постројења у укупно изгубљеној производњи блока (броја застоја) је различит, па због тога одржавање производне опреме и техничких система уопште, као интегрални део производње, представља веома важан елемент који може имати значајан позитиван али често и негативан утицај на параметре и показатеље који дефинишу успешност производно-пословног система. Из тог разлога да би се стекао увид у погонско стање блока А2, али и улога и значај одржавања, анализирани су основни показатељи рада блока у периоду 2007 - 2014. године, добијени од стране стручних служби термоелектране. Ови показатељи су дати у Табели 21.

Трајање тј. број застоја, приказано на Слици 21, бележи врло разнолике вредности, тако да је изгубљено око 2.250h. Показатељи који се односе на принудне застоје (број и временско трајање испада) имају специфичну природу, с обзиром да се односе само на принудне застоје који су довели до потпуног испада блока са мреже, не уважавајући ситуације у којима блок ради са редукованом снагом. Може се закључити да принудни застоји достижу цифру од приближно 770 h/год за блок А2.



Слика 21: Број застоја по деловима постројења блока А2 (период 2007–2014.)



Слика 22: Учешће појединих делова постројења на укупну изгубљену производњу блока А2 по годинама (период 2007–2014.)

**Табела 21: Број застоја по деловима постројења блока А2
(период 2007–2014.)**

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.
Котловско постројење*	3+0	4+0	1+0	5+2	4+0	6+2	7+0	13+4
Турбинско постројење	0	3	1	3	0	1	1	3
Генератор и трансформатор	0	0	1	0	2	2	0	1
Отказ уређаја изазвао деловање заштите	3	4	6	0	0	0	0	0
Блок развезан заштитно ручно	3	1	1	0	0	0	0	1
Деловање заштите	0	1	0	0	0	0	0	0
Остало	9	13	10	7	9	11	8	22
Укупно:	3+0	4+0	1+0	5+2	4+0	6+2	7+0	13+4

6.1. Узроци отказа електрофилтерског постројења

Отказ неког елемента електрофилтера условљава делимичну или потпуну обуставу рада. Последица делимичне обуставе рада, која се најчешће догађа је повећање емисије штетних материја у ваздуху и тада долази до прекида рада поједине зоне електрофилтера, док престанак рада електрофилтера условљава и прекид рада термоенергетског постројења.

Најчешћи узрок отказа рада је услед грешке:

- а) напајања,
- б) система за отресање,
- ц) система за уклањање прашине.

6.2. Одржавање компоненти за отресање

При процесу одржавања и надзора елемената за отресање електрофилтера, неопходно је обратити посебну пажњу на делове изложене великом хабању. Реални степен хабања треба се надгледати редовно, да би се утврдило колико брзо се хабање дешава и која величина ће се достићи пре следећег надзора. Потребно је редовно пратити опсег стварне утрошености, да би се установило којом брзином се хабање појављује, на којим деловима и утврди њихова поузданост, тј који елемент ће достићи критичну вредност услед хабања, због чега ће доћи до отказа дела система или целог система. Време хабања се не може уопштено одредити, зато што се доста разликује у зависности од

врсте операције, физичких одлика чврстих смеша у пречишћеном ваздуху, а такође зависи од квалитета одржавања и надзора.

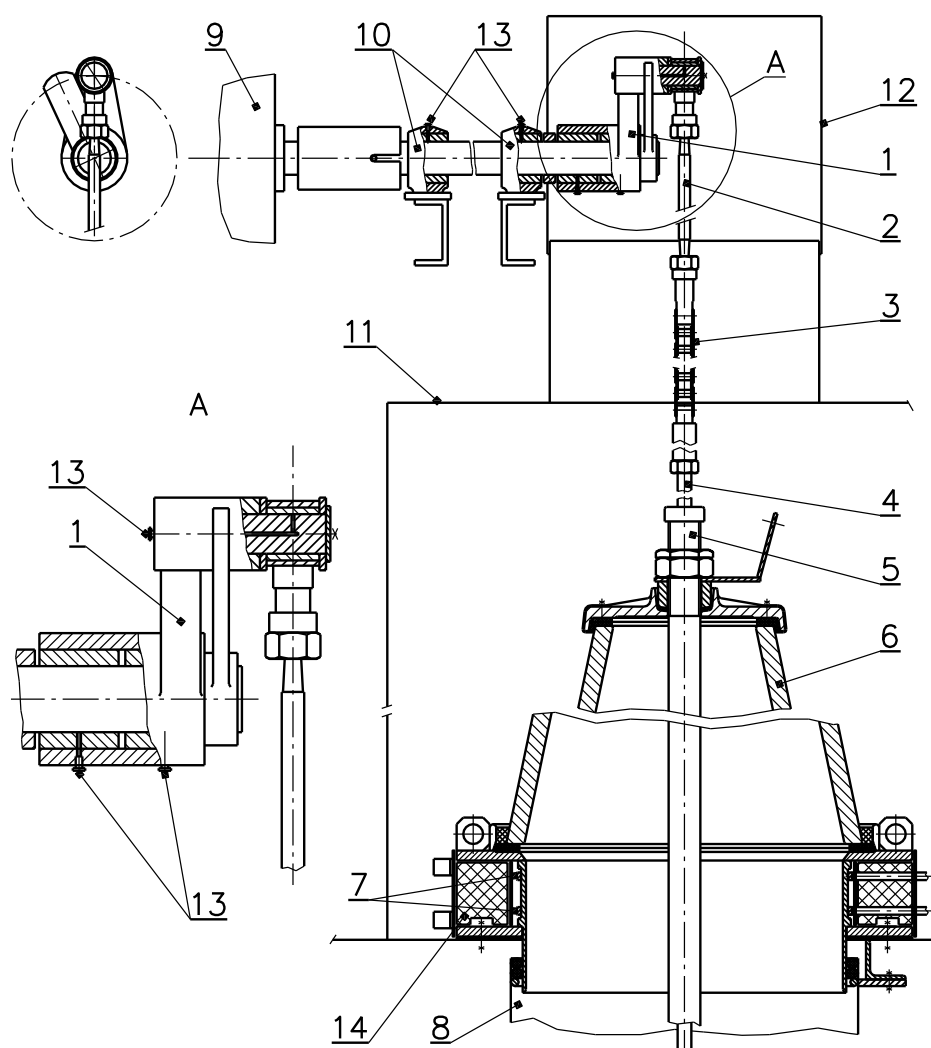
Проактивни приступ одржавања подразумева да се степен похабаности континуално прати визуалним прегледом и мерењем контролних величина. Када се утврди да је дошло до похабаности неког дела или елемента приступа се замени како не би дошло до отказа рада електрофилтерског постројења или дела постројења.

Делови који су изложени хабању:

- Водеће чауре у цеви за вешање ВН система изнад потпорног изолатора (приказано на слици 25) осигуране су холендер наврткама. Чауре преносе водоравне делове оптерећења од ударне шипке приликом отресања која је последица окретања препадне полуге, која је причвршћена на осовину погонске јединице. Водећа чаура се неједнако хаба и цилиндрични отвор постаје овалан. Чаура се мора заменити ако је дебљина зида само 4мм.
- Чауре су од самоподмазујућег материјала су натиснуте:
 - a) на делу за вешање ламинантног изолатора ударног механизма за отресање - оригинална дебљина изолатора 5 мм.
 - b) на делу за вешање порцеланског изолатора- оригинална дебљина изолатора 2 мм.
 - c) у препадној полузи - оригинална дебљина изолатора 7,5мм
 - d) у носећим телима лежаја за постављање осовине погонске јединице емисионог (високонапонског) отресајућег механизма ВНЕ - оригинална дебљина изолатора 7,5мм.

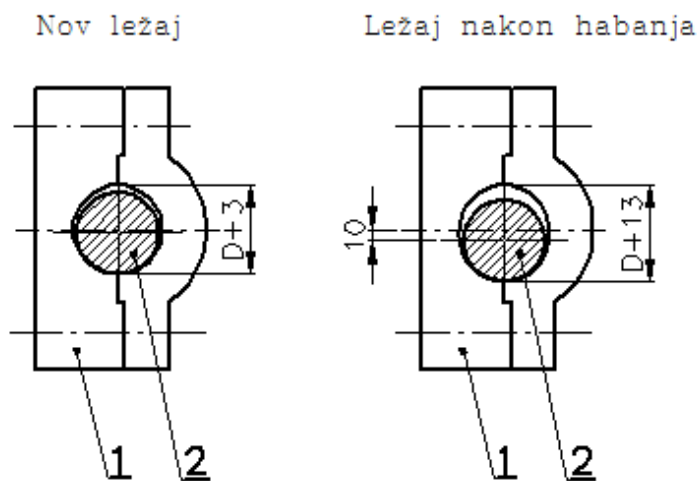
Када се дебљина зида чауре смања на половину дебљине, чаура се мора заменити. Морају се утиснути нове чауре.

- Лежај емисионе отресајуће (ударне) осовине (слика 24). Отресајућа (ударна) осовина са чекићима је постављена у неколико одвојених лежаја израђених од ливеног гвожђа, причвршћена за попречни оквир.
- Лежај отресајуће таложне осовине састоји се од ламела са пред-изваљаним обликом вратила. На ламелама лежаја се окреће осовина која на себи има чауре постављене у једнаким размацама. Приликом утршености ламела лежаја и разделне чауре, ламеле се морају окренути за 180° , и ако је неопходно заменити чауре.
- Ударни чекић механизма за отресање таложних електрода-УСЕ и емисионих електрода-ВНЕ (слика 23) има осцилаторски носач од два изолатора на обртачу, који је удубљен у средини и утиснут у пужну ушицу. Критично хабање јесте збир утршености чепа и чекића, који не сме да пређе 4мм (слика 26). Чим се достигне ова вредност, чекић се мора заменити.



Слика 23: Погонска јединица са ударним механизмом емисионе електроде-ВНЕ

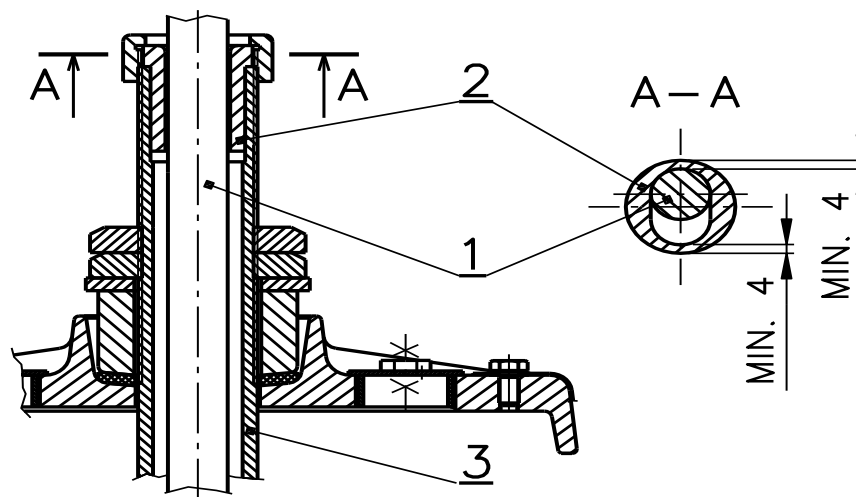
1.Препадна полука са чаурама ; 2.Изолятор ударног уређаја; 3.Ваљкасти једноредни ланац; 4.Шипка ; 5.Цев за вешање са чауrom; 6.Носиви изолятор; 7.Грејно тело 8.Заштитна цев; 9.Електромотор са редуктором и спојка; 10.Лежајеви са чаурама; 11. Кровни носач; 12 Покров погонске јединице; 13.Места за подмазивање; 14.Изолација уз коришћење изолора од стакленог ламината;



1. Лежај

2. Осовина

Слика 24: Утрошеност лежаја и осовине ударног механизма емисионих електрода - ВНЕ

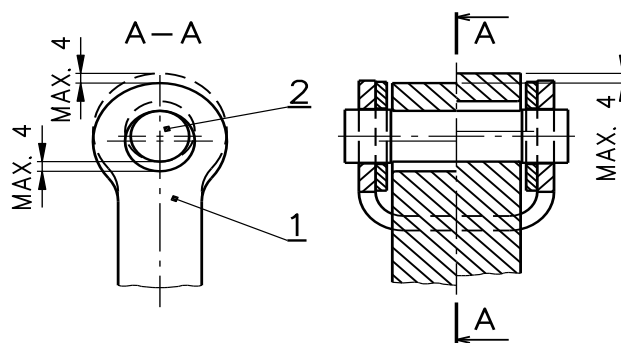


1. Осовина

2. Водећа чаура

3. Цев за вешање

Слика 25: Утрошеност водеће чауре ударног механизма емисионих електрода-ВНЕ на цеву за вешање високонапонског-ВН система



Слика 26: Утрошеност чекића и чена ударног механизма толочних електрода-УСЕ и емисионих електрода-ВНЕ

6.3. Побољшање и унапређење процеса одржавања

Експлоатација техничких система у првом реду подразумева остварење пројектоване функције циља. Поремећај при остваривању функције циља доводи и до промене неких параметара који могу значајно да утичу на животну средину. Основни параметар који карактерише методе одржавања производне опреме је информација о техничком стању и о поузданости опреме. Изабрани дијагностички параметри могу да се користе и за контролу утицаја техничких система на окружење.

Сагледавајући процес одржавања који се спроводи, с обзиром на значај рада електрофолтера посебно са аспекта заштите животне средине, у циљу унапређења процеса одржавања потребно је квалитетније и ажурније пратити процес одржавања, на тај начин што ће се све активности одржавања ажурирати на једном месту, на основу којих ће се извршити анализа стања техничког система. Такође, потребно је увођење карте застоја помоћу које се добија временска слика стања постројења која треба да представи понашање система у посматраном временском периоду.

Временска карта застоја треба да садржи и податке о дужини трајања административног и логистичког времена. На тај начин утврдило би се однос између времена утрошеног за активно време одржавања и времена одржавања утрошеног на чекање на отклањање неисправности (логистичко и административно).

Горе наведено допринело би оптимизацији система одржавања јер:

- Пружа могућности да се технички систем посматра као целина, као ентитет, и омогућава дефинисање утицаја свих променљивих параметара на процес одржавања.
- Омогућава упоређење више могућих варијанти у систему одржавања.
- Олакшава откривање веза између појединих утицајних параметара које нису раније запажене или које се не могу утврдити искуственим методама.
- Указује на податке које треба обезбедити да би се спровеле потребне акције или анализе.
- Олакшава предвиђања будућих стања или догађаја, уз процене ризика на технички систем.

6.4. Активности при ремонту у циљу повећања поузданости

Прегледом годишњег извештаја о ремонту термоелектране „Костолац А2“, а на основу рада постројења, анализе стања опреме и применом проактивног одржавања у циљу повећања поузданости извршени су у ремонту радови и ревизија опреме електрофилтерског постројења:

- Извршено је обезбеђење уређаја и очишћена унутрашњост електро филтера.
- У ЕФ јединици бр. 1 извршена је провера спојница и лежајева и оштећени клизни лежајеви и спојнице су замењене.
- Прегледани су сви проводници емисионих електрода, и оштећени и покидани су одстрањени.
- Извршена је провера растојања између емисионих и таложних електрода и извршена је корекција растојања у другом реду прве зоне ЕФ јединице бр. 1 као и провера и осигурање везе комплетног електрофилтера.
- Замењено је 8 изолатора и извршено је њихово подешавање и чишћење.
- Извршен је преглед и подмазивање погона отресача емисионих електрода.
- Замењено је уље у редукторима.
- Замењени су дотрајали чекићи за отресање таложних електрода, извршен је преглед погона отресања и замењено је уље у мотор-редуктору.
- Проверена су и подешена растојања између емисионих и таложних електрода.
- Проверена је веза емисионих и таложних електрода са носачима.
- Покидани проводници високог напона емисионих електрода су уклоњени.
- Проверен је погон отресача емисионих електрода, веза отресача са чекићима,
- Проверени су погони отресача као и отресачи таложних електрода.
- Замењени су дотрајали чекићи за отресање, замењено је уље у мотор-редуктору.
- Извршена је демонтажа комплетних пужних транспортера зоне III обе ЕФ јединице.

7. ЗАКЉУЧАК

У овом раду су анализирани начини и проблеми савремених стратегија одржавања на основу искуства из праксе. Под традиционалним стратегијама одржавања подразумева се превентивно, корективно и комбиновано одржавање. Савремене стратегије одржавања су: РЦМ, ТПМ, одржавање према стању, предиктивно одржавање и већи број ткз. „убрзаних стратегија“.

Важност функције одржавања се непрекидно проверава из разлога његове улоге у повећању доступности и расположивости производне опреме и њеног безбедног рада, а све у циљу побољшања квалитета производа и оптимизације процеса производње.

Одржавање производне опреме и техничких система уопште, као интегрални део производње, представља веома важан елемент који може имати значајан позитиван али често и негативан утицај на параметре и показатеље који дефинишу успешност производно-пословног система.

Одржавање постројења се може планирати како би одговарало плану производње, а тиме се постиже повећање продуктивности и ефикасност постројења. Дакле, поставља се често објективно питање да ли садашњи систем одржавања у појединим пословним системима у нашој земљи је застарео и превазиђен. У суштини јесте, јер се мало улаже у побољшање процеса производње, у побољшање система одржавања, а да би се то побољшало потребно је много труда, напора да би се применила нова технологија.

Организацију одржавања одређују унапред дефинисани начини и поступак којима се постиже циљ одржавања, односно организацију одређује врста стратегије одржавања термоенергетских објеката. Место, улога и одговорност одржавања за стање термоенергетских објеката захтевају и нову организацију и нови приступ у реализацији одржавања. Узимајући у обзир данашње прописе заштите животне средине, сигурности и безбедности на раду, стратегија развоја одржавања и дијагностике постаје од великог значаја у нашем друштву и од примарног значаја. Потребне за тим кадром су све веће, па се зато тежи да се проналазе адекватни кадровски стручњаци. Показатељи и референце данас показују да што већим ангажовањем и употребом мониторинга и дијагностике, менаџмент може да рачуна на сигурне, ефикасније, ефективније и профитабилније резултате.

Управљање одржавањем данас представља једну од најкомплекснијих грана индустријског менаџмента, а поготово у термоенергетским постројењима. Један од основних предуслова за квалитетно управљање је свестрана логистичка подршка и то пре свега у смислу сталног праћења и оцењивања параметара и перформанси система одржавања, у циљу предузимања активности које треба да побољшају рад система са становишта постављене функције критеријума или неких других захтева.

Садашњи систем одржавања је потребно унапредити елиминисањем слабих места, и то пре свега рационализацијом текућег, сервисног и ремонтног (инвестиционог) одржавања. Увођење новог система одржавања, систем текућег, сервисног и ремонтног одржавања захтева одређене предуслове – превасходно постојање јединственог информационог система (контролно-управљачког центра) са дијагностиком стања и понашања елемената техничких система. За увођење ефикасног и савременог система одржавања неопходно је увести квалитетан систем надзора над радом свих система у

процесу. Уколико је систем надзора потпунији, односно свеобухватнији, утолико се може организовати ефикасније и квалитетније одржавање.

Применом модела проактивног одржавања постиже се знатно већа расположивост и сигурност функционисања јединке (термоелектране, брода, авиона идр.). Применом таквог модела развојног одржавања повећава се капацитет и поузданост сваког појединачног елемента система и продужује експлоатациони век преко реконструкције, ревитализације и модернизације.

Одржавање постројења се може планирати како би одговарало плану производње, а тиме се постиже повећање продуктивности и ефикасности постројења. Систем одржавања у појединим пословним системима у нашој земљи је застарео и превазиђен, јер се мало улаже у побољшање процеса производње, у побољшање система одржавања, а да би се то побољшало потребно је много труда, напора да би се применила нова технологија.

Концепција система одржавања представља његово обележје, које утиче на општи квалитет система одржавања. Под овим појмом подразумева се обележје система које зависи од принципа на основу кога се доносе одлуке о спровођењу поступака одржавања.

Будућност одржавања је могуће сагледати на основу анализе познатих концепција одржавања са једне и праваца развоја техничких система са друге стране. Веома је извесно да развој концепција одржавања и даље (као и до сада) неће бити усклађена са развојем техничких система. У последње време много се говори о одржавању на основу поузданости, одржавању на бази ризика и проактивном одржавању.

Добро спроведено одржавање директно утиче на смањење трошкова производње и пословања. Застоји услед неисправности и нужног вршења ремонта, нарушавају технолошки процес производње, а исто тако утичу и на економику производње пропорционално са временом застоја и средствима уложеним за отклањање неисправности у процесу.

Применом проактивног одржавања у термоенергетским постројењима у знатној мери повећава се ефикасност рада свих система, чиме се остварују сви биланси са аспекта поузданости тј. временског и капацитетног искоришћења опреме и производње. *Проактивним одржавањем* се побољшавају перформансе електрофилтера и постиже се оптимизација и усклађеност рада различитих система електрофилтера, као нпр. система транспорта пепела, система за отресање и режима рада регулатора напона, чиме се смањује енергија потребна у процесу рада.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Директива 2001/80/ЕЦ of the european parliament and of the countil on the limitation of emissions of certain pollutants in to the air from large combusti on plants, Official Journal o fthe European Communities, L 309/1.
- [2]. Тодоровић П., Јеремић Б., Мачужић И., Техничка дијагностика, Универзитет у Крагујевцу, 2009
- [3]. American Coal Ash Association (АСАА). 2006 coal combustion product (ССР) production and use. Aurora, CO: American Coal Ash Association; August, 2007.
- [4]. Енергопројект, Ентел а.д: Анализа даље перспективе коришћења блокова снаге мање од 300 MW у термоелектранама ЈП ЕПС. Новембар 2015.
- [5]. Electric Power Research Institute (EPRI). High-volume fly ash utilization projects in the United States and Canada. Palo Alto, California: Electric Power Research Institute (EPRI); 1998. Report nr EPRI CS-4446
- [6]. Грујић Новица: Организација рада и производње, ВТШСС Пожаревац.
- [7]. Небојша Ћеран: Предлог програма еколошке модернизације термоелектрана: ЈП ТЕ „НиколаТесла“
- [8]. Емисија чврстих честица из термоелектрана Србије и Црне Горе у светлу Директиве 88/80/ЕЦ Европске заједнице-ЕЛЕКТРА ИИ Тара 2002 године
- [9]. Новица Грујић: Развој метода дијагностицирања стања радне исправности техничких система: Виша техничка школа, Пожаревац 1998.
- [10]. ЗВЗВ а.с. Милевско: Машинско-технолошки пројекат Електрофилтера блок А1 ТЕ Костолац,
- [11]. Технички прописи за руковање и одржавање електрофилтерског постројења Костолац А2.
- [12]. Политика заштите животне средине ПД « ТЕ КОСТОЛАЦ »
- [13]. Енергопројект-ЕНТЕЛ: Правци оптималног смањења чврстих честица из термоелектрана Електропривреде Србије, Београд 2006.
- [14]. Живослав Адамовић: Планирање и управљање одржавањем помоћу рачунара
- [15]. Милан Павловић: Екологија и ресурси, Универзитет у Новом Саду, 2002.
- [16]. Основи одржавања (скрипта) – Петар Тодоровић, Иван Мачужић
- [17]. Љамић Д.: „Савремено дијагностицирање машина и управљање одржавањем“, Часопис „Техничка дијагностика“, вол. 2. исс. 4, пп. 44-50, 2003.