

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Основи одржавања

Број индекса: 71/2011

Бојан М. Дедић

Одржавање дата центара

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др. Иван Мачужић, ванр. Професор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, 2017

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да детаљно опише и представи концепт одржавања дата центара. Од студента се захтева да на основу доступне литературе објасни значај одржавања, како се изводи и развија план превентивног одржавања. Шта су предности превентивног одржавања дата центра и какав је њихов значај.

Препоручена структура рада:

1. Увод
2. Компоненте инфраструктуре
3. Превентивно одржавање дата центра
4. Опције превентивног одржавања
5. Развијање плана одржавања
6. Закључак

Литература

Препоручена литература:

[1] Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007

[2] Developing Preventive Maintenance Plan for your Data Center by D. Cole, 2010

Ментор:

Крагујевац, 2017

Резиме:

Одржавање дата центра је неопходно уколико желимо највећу доступност дата центра корисницима. Да би се дата центар одржавао потребно је познавати све елементе инфраструктуре и за њих дефинисати план одржавања. Такође је битно ко врши одржавање, стручност радника и доступност опреме. У овом раду је описано и у ком временском периоду је најбоље обављати превентивно одржавање.

Кључне речи: Дата центри, превентивно одржавање, софтверско праћење, термално скенирање, развијање плана одржавања

Summary:

Maintaining a data center is necessary if we want highest accessibility of data center for users. In order to maintain the data center it is necessary to know all the elements of the infrastructure and to define a maintenance plan for them. It is also important who is doing maintenance, the expertise of the workers and the availability of equipment. In this paper, it is also described in what time is the best to perform preventive maintenance.

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Бојан Дедић 71/2011

Садржај:

1.	УВОД	1
1.1	Увод у дата центре	1
1.2	Значај одржавања дата центара	2
2.	КОМПОНЕНТЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	3
2.1	UPS системи.....	3
2.1.1	Значај употребе UPS система у дата центрима.....	3
2.1.2	Врсте UPS система.....	3
2.2	Климатизатори за рачунарске просторије (CRAC).....	6
2.3	Освеживачи ваздуха.....	7
3.	ПРЕВЕНТИВНО ОДРЖАВАЊЕ ДАТА ЦЕНТАРА.....	8
3.1	Еволуција превентивног одржавања	9
3.1.1	Утицај промене физичке инфраструктуре.....	9
3.2	Показатељи напретка превентивног одржавања	11
3.2.1	Софтверски дизајн као најважнији фактор успеха	11
3.2.2	Организовање „холистичког“ превентивног одржавања	13
3.3	Зашто инфраструктура отказује.....	14
3.4	Препоручене праксе	15
3.5	Термално скенирање и потенцијални отказ.....	16
3.6	Пракса креирања распореда	17
3.7	Координација превентивног одржавања.....	19
3.8	Извештај о раду	20
4.	ОПЦИЈЕ ПРЕВЕНТИВНОГ ОДРЖАВАЊА	22
4.1	Превентивно одржавање од стране произвођача	22
4.2	Превентивно одржавање од стране неовлашћеног трећег лица	23
4.3	Превентивно одржавање од стране корисника	24
5.	РАЗВИЈАЊЕ ПЛАНА ОДРЖАВАЊА	26
5.1	Дефинисање циљева	26
5.2	Прикупљање података опреме	27
5.3	Дефинисање правила по којем ће се опрема одржавати	28

5.4	Компјутеризовање одржавања	29
5.5	Креирати и објавити годишњи календар превентивног одржавања	31
5.6	Редовна процена плана одржавања	31
6.	ЗАКЉУЧАК	32
7.	ЛИТЕРАТУРА.....	33

1. УВОД

1.1 Увод у дата центре

Дата центри представљају групу мрежно повезаних рачунара који имају за циљ складиштење, процесуирање и дистрибуцију података. Дата центре користе ИТ компаније чији програми или апликације захтевају веће капацитете за складиштење података. Рачунари су поређани у полицама који могу садржати од неколико десетина до неколико стотина рачунарских јединица којима се може приступити са предње и задње стране полице[3]. Рачунари који се користе за дата центре углавном немају могућност повезивања улазних и излазних компоненти као што су: графичке карте, звучне карте, улазе за миш и тастатуру, јер се од њих не захтевају способности приказа графике, репродукције звука и слично.



Слика 1. Дата центар компаније Гугл.

Дата центри могу бити смештени у просторијама величине од једне собе до неколико спратова неке зграде, чак и читаве зграде. Данас се све више користе мобилни уређаји, системи са великим пропусним моћима и интернет генерално, а самим тим и потреба за што већим простором за складиштење података. То је један од разлога зашто се неке компаније одлучују за изнајмљивање рачунарске инфраструктуре, што се популарно данас зове Cloud Computing[3].

Дата центри се рангирају по важности одржавања у раду, постоје 4 нивоа важности. Распољивост или доступност дата центра првог нивоа је 99,671% што значи да је дозвољен прекид у трајању од 28,8 сати годишње), доступност се са порастом нивоа важности повећава све до нивоа 4 где је доступност 99,995%, што значи да је дозвољен прекид од 0.4 сата (тј. 24 минута) годишње[3].

1.2 Значај одржавања дата центара

Превентивно одржавање је једно од кључних приступа заштите дата центара од потенцијалних отказа пре него што отказ проузрокује прекид рада целог система. Уколико корисници директно приступају подацима са сервера, отказ би у том случају значио прекид рада корисничког сервиса а самим тим и додатне трошкове за компанију као и наношење штете репутацији компаније[4].

Недавне студије института „Ронетоп“ у Мичигену показале су да један минут прекида рада дата центра просечну компанију кошта 7900 америчких долара. Та компанија наводи да просечан отказ траје 90 минута стога можемо израчунати да просечан отказ компанију кошта 700 000 америчких долара. Превентивно одржавање може сачувати компанијама велике суме новца, рада и обезбедити ефикаснији рад дата центра[4].

2. КОМПОНЕНТЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ

2.1 UPS системи

UPS систем је уређај који се напаја наизменичном струјом и ту струју може да чува у својој батерији или да је прослеђује на повезану опрему. Да би се обављале ове функције UPS систему су потребне 3 компоненте: пуњач (или исправљач), батерија (или замајац), инвертор. Пуњач или исправљач претвара наизменичну струју у једносмерну за пуњење батерија, а инвертор претвара једносмерну у наизменичну на излазу. Конфигурација ових компоненти, као и други аспекти дизајна одређују како UPS систем функционише.[5]

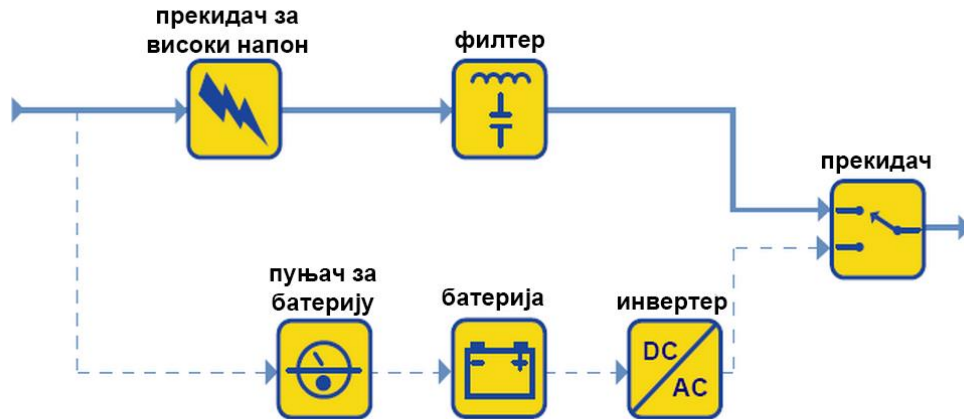
2.1.1 Значај употребе UPS система у дата центрима

UPS системи су битни дата центрима из разлога што могу спречити оштећења на опреми при нестанку струје. Дата центри су дизајнирани да захтевају квалитетно и константно напајање. Струја коју дистрибутери нуде није стабилна колико је потребно за несметано функционисање дата центра. Генератори струје у случају нестанка струје могу да послуже „на дуже стазе“ када су у питању сати или дани без главног напајања, али када су у питању мањи прекиди или оптерећења, UPS је савршено решење.[5]

2.1.2 Врсте UPS система

UPS Системи долазе у неколико варијанти свака има своје предности и мане као што су додатне карактеристике, цена итд. Три главне врсте су:[5]

- **Offline UPS** – Је најјефтинија варијанта UPS система, UPS систем пуни своју батерију када је главна напонска мрежа активна, а иначе је неактиван све док не дође до нестанка струје. Када се то деси, UPS се пребацује на напајање из резервне батерије дајући тако кориснику времена да одржи систем у функцији још неко време уз помоћ резервне батерије или да правилно угаси повезану опрему. Овај тип UPS система не пружа заштиту од сагоревања струје и напона.[5]



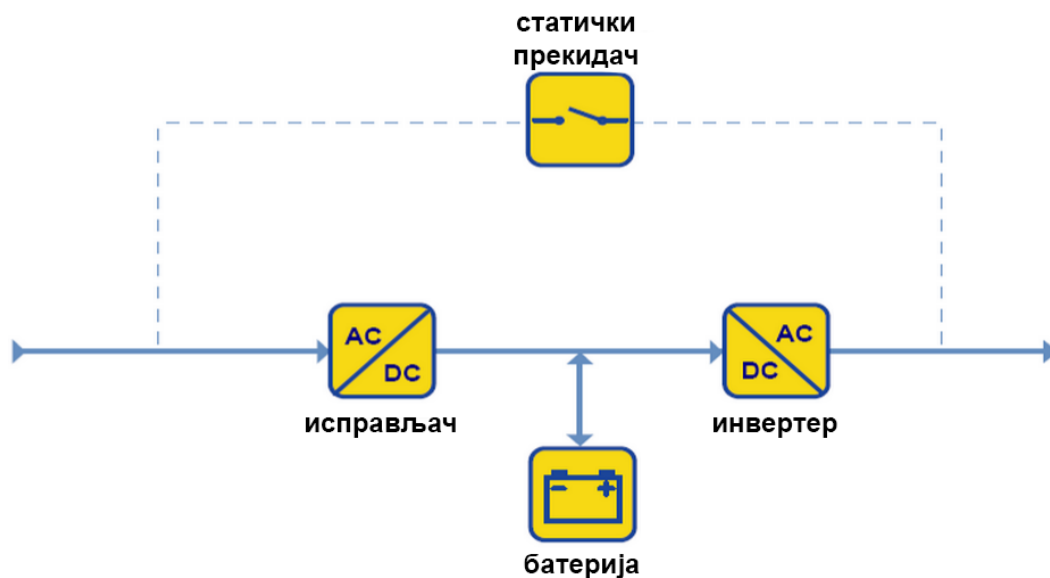
Слика 2. Шема offline UPS-a

- **Line interactive UPS** – По многима најпоузданија врста UPS-a, овај тип UPS-a комбинује претварач и пуњач у напојном воду за главну наизменичну струју и резервну батерију. Ова конфигурација убрзава прелазак са главног напајања на напајање батерије у случају прекида. Ова врста UPS-a пружа више заштите од Offline UPS-a, али су зато и скупљи.[5]



Слика 3. Шема Line Interactive UPS-a

- **Online UPS** – Ова врста пружа највећу заштиту од прекида у снабдевању и проблема са квалитетом електричне енергије. Уместо преласка са главног напајања на резервно (из батерије) по потреби, овај UPS једноставно претвара сву наизменичну струју у једносмерну, а затим један део једносмерне напаја батерију а други део се претвара назад у наизменичну и напаја повезану опрему. Ово двоструко претварање струје спречава сваку нерегуларност при протоку струје да стигне до опреме, што даје највећи ниво заштите. Међутим, поред тога што су најскупља опција, дупла конверзија UPS система такође смањује ефикасност, већи су губици при прелажњу струје из наизменичне у једносмерну па затим назад на наизменичну. Још једна мана ових система је прегревање, стога се мора предвидети боље хлађење.[5]



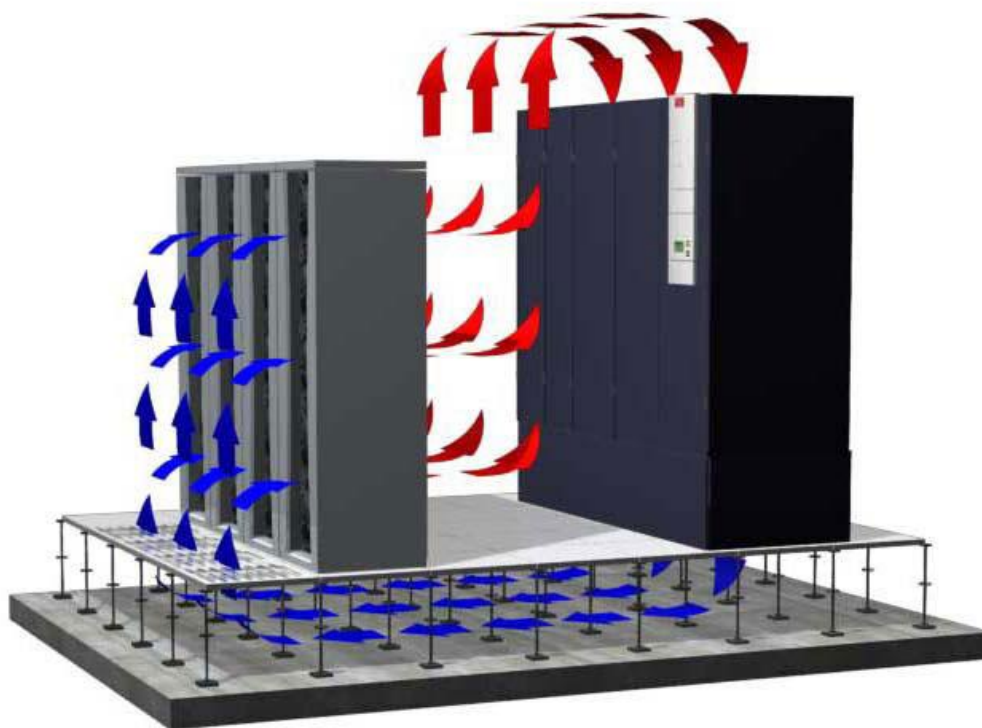
Слика 3. Шема Online UPS-а

Offline и Line interactive UPS системи су повољни у случају када се ради о једној серверској машини, међутим код великих дата центара где је прекид рада неприхватљив и где скупа опрема мора бити заштићена од пада квалитета напајања, ове две врсте UPS система су недовољне, у том случају примењују се Online UPS систем.[5]

2.2 Климатизатори за рачунарске просторије (CRAC)

Климатизатори за рачунарске просторије су јединице које прате и одржавају температуру, довод ваздуха и влажност у просторијама дата центра. CRAC јединице замењују клима уређаје који су се у прошлости користили за хлађење дата центра. Према трендовима индустријског тржишта, рамови и ормари са серверима се могу загревати до јако високих температура, тако да је контрола климе важан део инфраструктуре дата центра.[6]

Постоје различити начини да за инсталацију CRAC система. Једна инсталација CRAC-а која је била успешна је процес хлађења ваздуха кроз подигнут под. Ваздух се креће кроз перфориране делове, формирајући хладне ходнике. Хладни ваздух пролази кроз стубове где купи топлоту пре него што изађе из задње стране полице. Топли ваздух који излази ствара вреле редове иза рамова, а врући ваздух се враћа у CRAC улазе који се налазе испод пода.[6]

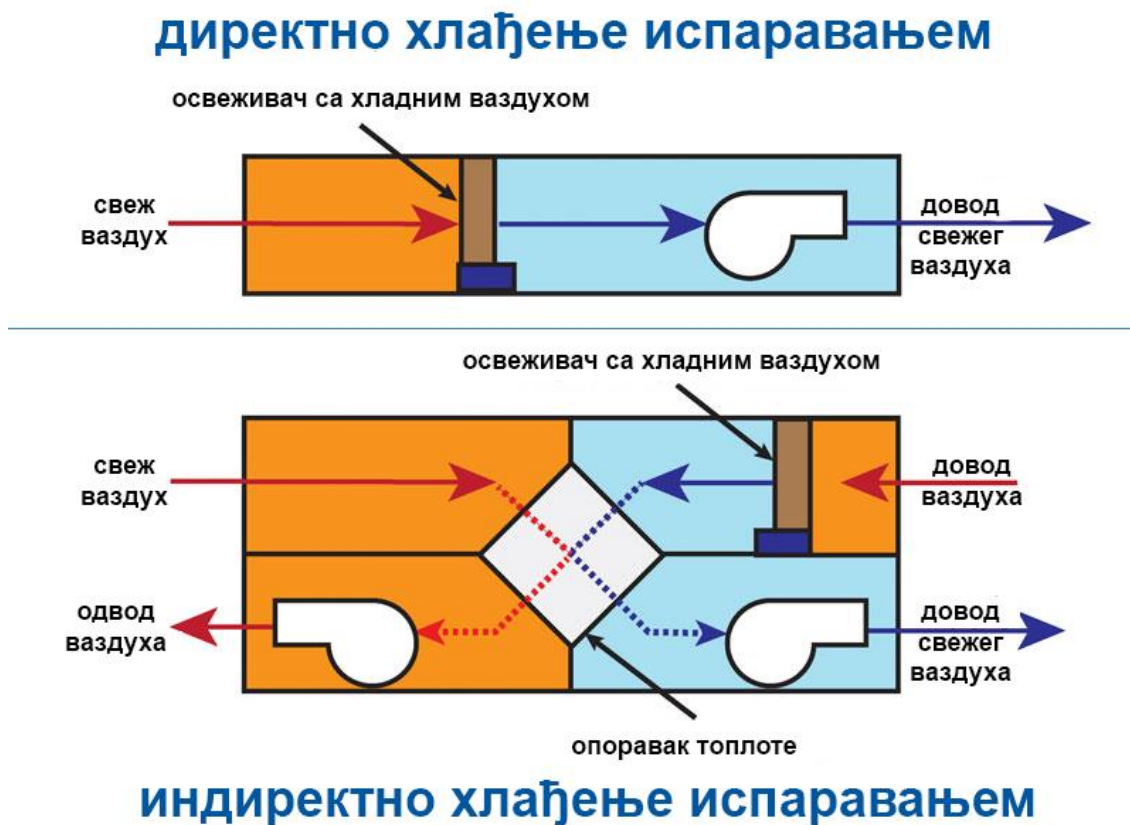


Слика 5. Графички приказ CRAC система

2.3 Освеживачи ваздуха

Ваздух се састоји од комбинације гасове који укључују 78% азота, 21% кисеоника, 0.3% угљен диоксида и водене паре. Водена пара у ваздуху позната је и као влажност. Ваздух у ИТ окружењу који садржи одговарајућу количину водене паре игра важну улогу у повећање доступности рачунарске опреме. Ваздух који садржи превише или премало водене паре, директно доприноси смањењу продуктивности и временском прекиду рада опреме.[7]

Постоје два типа испаривачког хлађења помоћу овлаживача са хладном водом, а то су директни и индиректни. Директно испаравање хлађења пролази кроз освеживач и добија влагу а смањује се температура. Индиректно хлађење испаравањем је када освеживачи делују на издувном ваздуху. Пре избацивања, ваздух се влажи и хлади, а затим пролази кроз јединицу за поновно коришћење топлоте како би пренела хладну топлотну енергију на улазни ваздух. Ово хлади улазни ваздух без додавања додатне влаге.[7]



Слика 6. Шема директног и индиректног хлађења

3. ПРЕВЕНТИВНО ОДРЖАВАЊЕ ДАТА ЦЕНТАРА

Термин превентивно одржавање подразумева систематска инспекција и откривање потенцијалних отказа. На основном нивоу превентивно одржавање може се применити као стратегија за унапређење доступности преформанси неких компонената дата центра. На неком напреднијем нивоу превентивно одржавање може бити подстакнуто као примарни приступ обезбеђивања доступности целе напонске мреже (генератори, прекидачи, претварачи, PDU, UPS) или мреже за хлађење дата центра (CRAC, HRAC, овлаживачи, кондезатори).[1]

Један од четири резултата можете очекивати у току посете при превентивном одржавању:

- Потенцијални проблем је идентификован и предузимају се непосредне мере како би се спречио будући отказ.
- Идентификован је нови, активни проблем и потребна поправка је заказана. Оваква посета треба бити прецизно документована тако да и пружалац услуга превентивног одржавања и власник дата центра могу упоредити тренутни инцидент са претходним превентивним одржавањем и извршити анализу трендова.
- Не постоји проблем при посети и неће доћи до прекида рада до следеће посете превентивног одржавања. Опрема је одобрена од стране произвођача и сертификована да ради у оквиру оперативних смерница.
- Идентификован је недостатак и при покушају поправке овог недостатка дошло је до неочекиваног прекида рада током посете или убрзо након тога (појавио се нови проблем).

Ризик од негативних последица драматично се повећава када одржавање обавља радник који је недовољно квалификован да обавља ту врсту посла[1]

3.1 Еволуција превентивног одржавања

У дата центрима 60-их година прошлог века, компоненте опреме дата центра препознате су као саставни део система подршке и одржаване су као такве. У то време дата центри су били као помоћ основном послу којим се бави компанија, а најважнији задаци су се обављали ручно од стране радника. Компаније нису пуно марили за одржавање истих.[1]

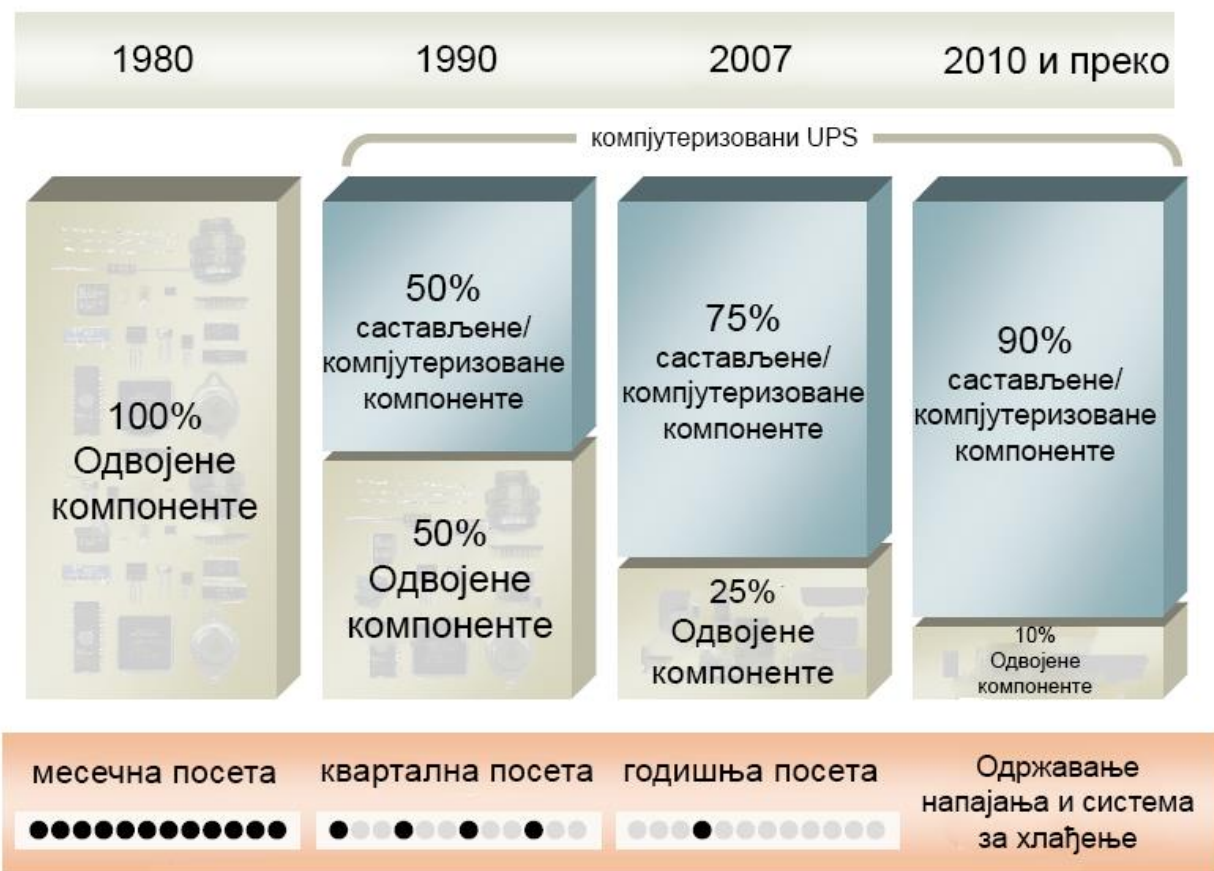
Како је време пролазило, компјутери су почели обављати многе важније пословне задатке и све више и више података је мигрирало у дата центре. Квар опреме и периодични застоји су били све озбиљнија претња у расту пословања и профитабилности компаније. Произвођачи опреме дата центра су препознавали све већу потребу за активним одржавањем.[1]

Почело је увођење годишњих уговора и многи власници дата центра препознали су предности ових услуга. Концепт превентивног одржавања данас представља еволуцију од реактивног одржавања „поправити јер је у отказу“ до проактивног приступа „проверити и уколико постоје назнаке да би дошло до отказа, поправити“.[1]

3.1.1 Утицај промене физичке инфраструктуре

Са еволуцијом одржавања комрјутера, долази и до еволуције физичке инфраструктуре тј. опреме за напајање и хлађење. Осамдесетих година прошлог века интерна ахиктетура UPS уређаја је садржала 100% одвојене компоненте које нису биле, из угла одржавања, физички интегрисане са осталим кључним компонентама у уређају. Сви UPS уређаји су захтевали рутинско одржавање као што су подешавање, затезање и чишћење да би се одржала жељена доступност. Особа која је задужена за одржавање би потрошила од 6-8 сати по посети, по UPS-у, прегледајући и подешавајући индивидуалне унутрашње компоненте.[1]

Деведесетих година прошлог века архитектура UPS система је еволуирала. Физичка инфраструктура опреме садржала је индивидуалне компоненте и интегрисане компјутеризоване компоненте. У том временском периоду, типичан UPS се састајао од само 50% мануелно одржаваних делова са остатком, који су чинили компјутеризоване компоненте које нису захтевале одржавање.[1]



Слика 7. Шема промене структуре UPS-а током времена

Средином деведесетих година, компјутеризоване компоненте у оквиру UPS-а, почеле су да комуницирају интерно стање операторима у форми поруке. И ако су посете превентивног одржавања и даље биле потребне на кварталном периоду, особа која је задужена за одржавање би трошила просечно 5 сати по посети, по UPS-у. У том периоду однос делова који се одржавају се свео на 25% мануелно одржавање а 75% компјутеризовано одржани делови.[1]

Данас, већина дата центара захтевају једну или две посете превентивног одржавања годишње. Међутим уколико је физичка инфраструктура изложена не адекватном окружењу (високе температуре, прашина, контаминација, вибрације), потребан је већи број посета. Фреквентност посета зависи од физичког окружења и пословног захтева власника дата центра. Системски дизајн може такође утицати на фреквентност посета, а ретко зависи од препорука произвођача.[1]

3.2 Показатељи напретка превентивног одржавања

Данашња физичка инфраструктура је више поуздана и доступнија за одржавање него раније. Произвођачи се такмиче у дизајну компоненти са јако малом вероватноћом од појаве грешака. Примери унапређења хардверског дизајна укључује следеће:[1]

- Климатизатори за рачунаре (CRAC) са приступом са стране и спреда за интерне компоненте (поред традиционалног приступа са задње стране).
- Фреквентно контролисан погон (VFD) у расхладним уређајима за контролу брзине унутрашњих вентилатора за хлађење. Ови погони елиминишу потребу за одржавањем покретних каишева (којима се иначе придаје много пажње при одржавању).
- Порадити на пропусту у функционалности UPS уређаја који може довести до прекида рада при превентивном одржавању.

Осим побољшања хардвера, дизајн инфраструктуре и архитетуре се развио на начин да подржава циљеве превентивног одржавања и лакше планирање, мањи број посета, и већа сигурност. На пример:[1]

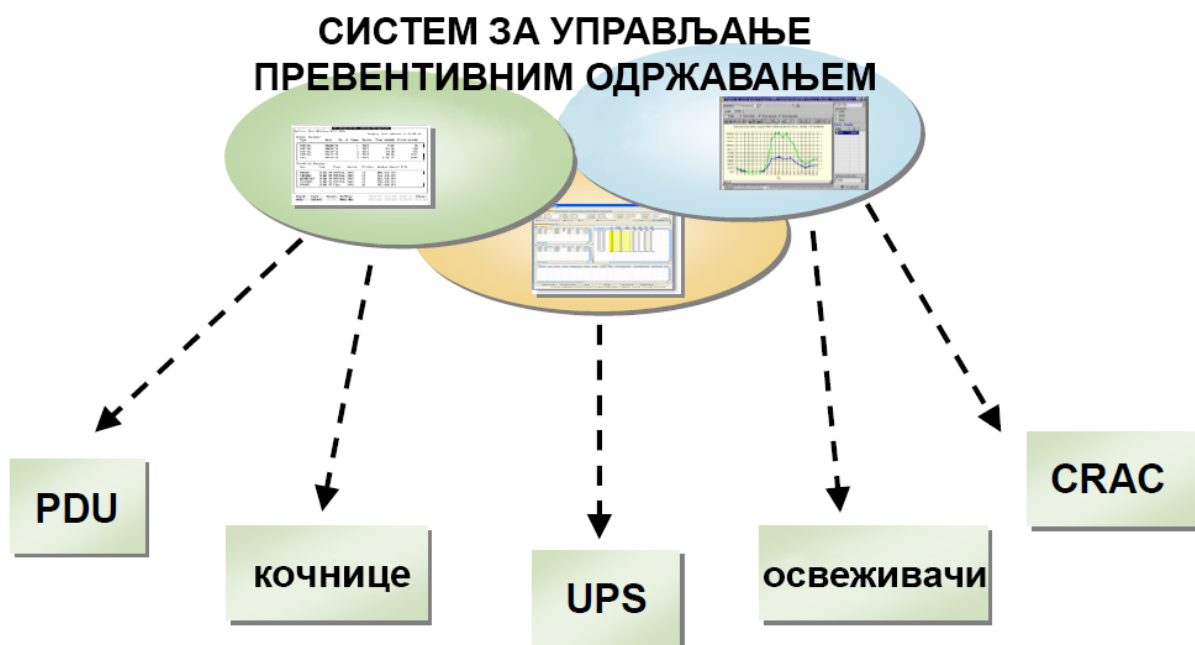
- Двоструки систем хлађења или напајања који омогућава систем у раду и када се одржавање обавља.
- Одговарајући дизајн конектора (који пружају електричну и механичку везу) могу смањити или елиминисати потребу за поновним повезивањем. Уколико се направи грешка при дизајну конектора, може доћи до појаве лучног бљеска.
- Опасности од лучног бљеска сада утиче на дизајн система, како би бисмо заштитили особље задужено за превентивно одржавање од електричног удара у току одржавања.

3.2.1 Софтверски дизајн као најважнији фактор успеха

Дизајн хардвера физичке инфраструктуре је један од начина смањења трошкова и сложености превентивног одржавања. Ефикасан софтверски дизајн физичке инфраструктуре је од огромног значаја, и представља најважнији фактор успеха за

одржавање високе доступности. Најбољи дата центри стављају у фокус софтвер за менаџмент физичке инфраструктуре.

Кроз самодијагностику, инфраструктурне компоненте могу да преносе информације о сатима коришћења, емитују упозорења када поједине компоненте излазе из стања нормалне радне температуре и могу обавестити када сензори прикупе неубичајене податке. Иако ће особље за подршку превентивног одржавања и даље бити обавезно да обради комуникацијски излаз система управљања одржавањем, будући правац креће се ка комплетном само-поправљајућом физичком инфраструктуром.[1]



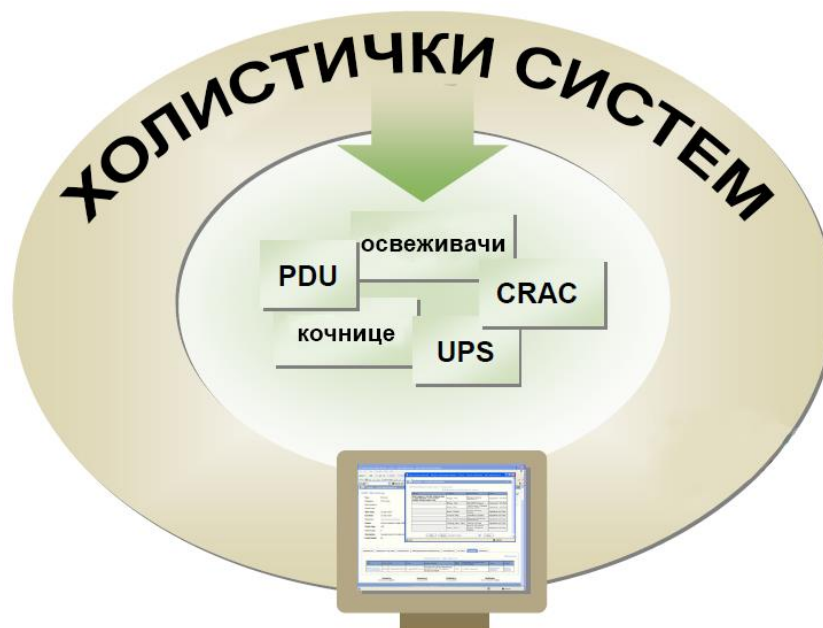
Слика 8. Шема традиционалног управљања превентивним одржавањем

Размишљајући на дуже стазе, власници дата центара треба да уведу холистичку стратегију превентивног одржавања за цео напонски систем дата центра. Док традиционална подршка превентивног одржавања за постојећу опрему наставља да игра важну улогу, стратегија за одржавање будуће опреме треба да прихвати приступ превентивног одржавања који гледа на дата центар као интегрисану целину насупротив као састављене појединачне компоненте.[1]

Даља анализа ће помоћи да се разјасни еволуција од превентивног одржавања на компоненте до целокупног погонског склопа или превентивног одржавања хлађења за целокупни расхладни циклус. Узмимо за пример UPS физичку инфраструктуру. Када се проблем снаге манифестује, проблем није увек са UPS-ом. Проблем, уместо тога, може бити са прекидачем, пребацивачем или неисправним колом. Систем за надгледање који повезује све ове критичне компоненте и комуницира са особом која разуме интегрисану струју која може правилно интерпретирати системске поруке представља велики значај.[1]

3.2.2 Организовање „холистичког“ превентивног одржавања

Да би се оптимизовала ефикасност превентивног одржавања, унутрашња организациона структура власника дата центра такође треба да буде усклађена да подржи робусну имплементацију холистичких, интегрисаних пракси превентивног одржавања. Традиционално, ИТ групе и групе постројења нису усклађене како би блиско сарађивале. ИТ се фокусира на пружање подршке информационих система у дата центрима, док се постројења ослањају на надгледање инсталација и одржавања компоненти физичке инфраструктуре. Пошто су осви системи сада уско повезани у дата центру, потребно је размотрити алтернативни организациони приступ који чврсто интегрише кључне чланове оба тима.[1]



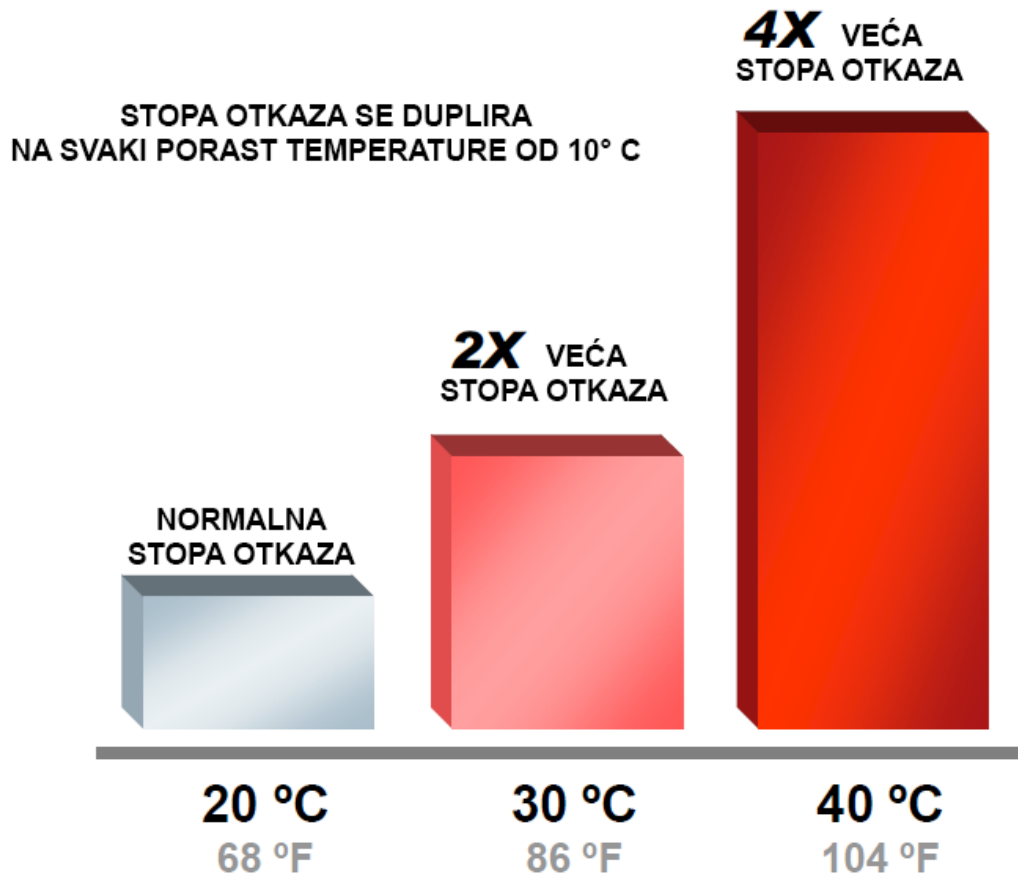
Слика 9. Шема холистичког приступа превентивног одржавања система

3.3 Зашто инфраструктура отказује

Старији UPS уређаји (они инсталирани 80-их и 90-их) захтевају мануелно подешавање на регуларном нивоу да би се спречила промена волтаже и стање ван толеранције. На пример, UPS контролне картице захтевају калибрацију потенциометра од стране техничара који користи осцилоскоп на кварталном нивоу. Данас, ову исту функцију обавља микропроцесор на плочи. Периодична калибрација помаже да се минимализира могућност да UPS стане са радом.[1]

Модерни UPS уређаји су контролисани са дигиталним сигналом. Они не мењају волтажу и не захтевају рекалибрацију осим ако су главне компоненте замењене. Поред стања ван толеранције, високе фреквенције и промена напона имају негативне утицаје на физичку инфраструктуру.[1]

Промена температуре је још један чест разлог отказа електронских компоненти. Електроника је дизајнирана да подржава специфичне опсеге температуре. Ако температуре остају у распону дизајна опреме, откази се ретко јављају. Ако, међутим, температуре излазе изван подржаног опсега, стопе неуспеха се значајно повећавају. Према истраживањима истраживача за праћење компјутера високих преформанси у Los Alamos националној лабораторији, стопа отказа се удвостручује за сваки пораст од 10° C.[1]



Слика 10. Промена учесталости отказа са порастом температуре

Препоручена радна температура за ИТ опрему, према Америчком друштву инжењера за загревање, хлађење и проток ваздуха (ASHRAE) је 68- 77°F (20-25°C). Адекватан проток ваздуха може помоћи при одржавању исте и сигурне температуре и може помоћи у сузбијању услова околине који се огледају у дужем веку трајања компоненти и мању учесталост отказа. Прекомерна струка је још један извор оштећења унутрашњих компоненти. Механички системи такође захтевају преглед нормалног и абнормалног хабања и периодичну замену уља и мазива.[1]

3.4 Препоручене праксе

Посете квалификованог особља за одржавање служе као потврда да је опрема за физичку инфраструктуру на путу да подржи време у раду дата центра. Стручњаци за физичку инфраструктуру са експертизом за дата центре могу идентификовати застарелост

разних унутрашњих компоненти и идентификовати колико компонента утиче на укупну поузданост система.[1]

Професионалци за превентивно одржавање треба да надгледају окружење дата центра (прекидачи, инсталације, технике каблова, механичке везе, типове оптерећења) и упозоравају власника на могуће хабање компоненти и на факторе који могу негативно утицати на доступност система (тј. људском грешком проузрокована грешка при баратању опремом, температуре веће него нормалне, висок ниво токсичности, корозија и флуктација снаге које се испоручују серверима).[1]

Посета при превентивном одржавању мора такође укључити процену спољашњих фактора околине која могу утицати на перформансе. Дубина и ширина посете ће зависити од нивоа критичности дата центра и треба да резултира формулацијом акционог плана.[1]

3.5 Термално скенирање и потенцијални отказ

Термално скенирање регала и прекидача је препоручљиво током посете превентивног одржавања. Очитавање температуре ван граница толеранције може подстаћи потребну интервенцију. Инфрацрвено очитавање може се поредити временом како би се идентификовали трендови и потенцијални проблеми. На тај начин, електрична веза, на пример, може се подесити на основу научних података уместо претпоставке.[1]

Приступ термичког скенирања може се применити и на разводне уређаје, трансформаторе, прекидаче, UPS, плоче за дистрибуцију, уређаје за дистрибуцију енергије и прекидаче за искључивање расхладних уређаја.[1]

Компјутерска динамика флуида (CFD) се такође може користити за анализу узорака температуре и струјања ваздуха унутар дата центра и за одређивање ефекта отказа расхладне опреме.[1]

Коришћењем приступа предективног отказа, кондензатори се, на пример, замењују само ако континуална дијагностичка табела даје препоруку за замену. Ово је у потпуном контрасту са традиционалним „прошло је 6 месеци, време је да се замене“. Придржавање праксе предективног отказа избегава непотребно извршење инвазивних поступака који повећавају ризик од људске грешке која доводи до прекида рада дата центра.[1]

уређај	елементи/фактори који захтевају превентивно одржавање	захтевани ниво одржавања
трансформатори	затегнутост завртњева обртни момент	низак
PDU	затегнутост завртњева обртни момент	низак
системи за довод воде и ваздуха	густина у цевима, вентили и заптивачи	низак
CRAC	филтер, намотај, софтвер,цевовод и мотори вентилатора	средњи
UPS	вентилатори, кондезатори, батерије	средњи
подигнут под	плочице, положај плочица држачи од цинка	висок
традиционални UPS	вентилатори, кондезатори, електронске плоче и батерије	висок
традиц. CRAC	каишеви, ваздушни филтери,пумпе цевно повезивање, компресор	висок
освеживачи	одвод, филтер, утикачи водени процесор	висок
прекидачи	компоненте за прекидање, софтвер затезање	висок
екстерне батерије	обртни момент,везе, електролит ниво токсичности,температура	висок
прозив пожарни аларм	вентили, проточни прекидач	висок
расхладни уређаји	притисак у уљу, ниво гаса подешавање температуре	висок
генератори	филтер за уља, филтер за горива црева, каишеви, расхладна течност вентилатор прикључци, прекидач	висок

Слика 11. Пример листе уређаја који захтевају одржавање

Претходна табела представља пример листе физичких инфраструктурних уређаја који захтевају превентивно одржавање. Ови системи су међусобно зависни и морају се одржавати као целовит систем.[1]

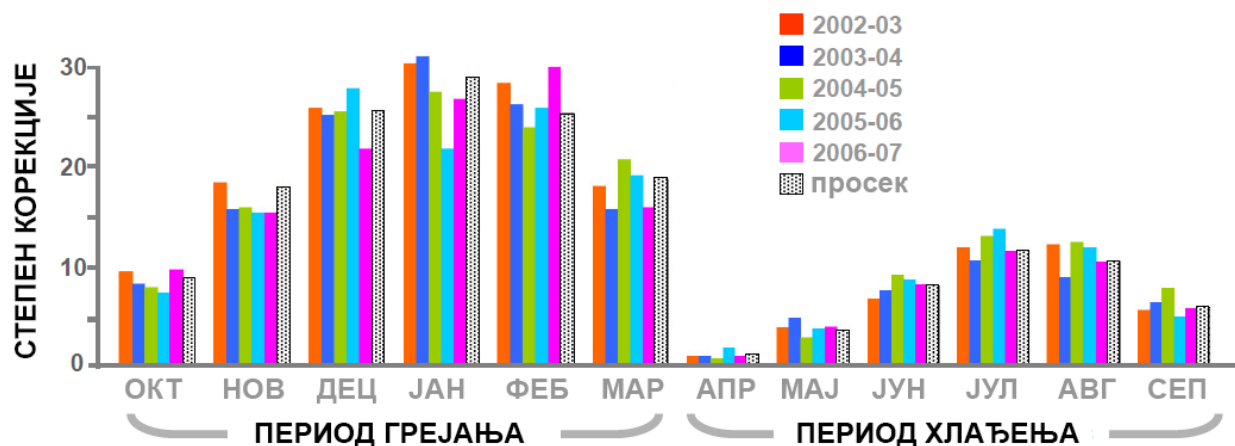
3.6 Пракса креирања распореда

Традиционална пракса планирања одржавања утврђена је у данима пре него што је доступност система постала значајна брига за власнике центра. Ноћи, викенди и тродневни викенди за одмор били су и још увек се сматрају честим временом за креирање распореда. Међутим, пораст глобалне економије и потреба за доступношћу у току целе године померили су парадигму планирања.[1]

У многим случајевима не постоји оправдање за распоређивање превентивног одржавања само у ноћи и викендом. Заправо, традиционални приступ планирању може додати значајне трошкове и додатни ризик за процес превентивног одржавања. Са једноставне перспективе за сатницу, одржавање после радног времена је скупље. Још важније, особље задужено за поправке ће вероватно бити физички уморно што значи мање концентрисани при обављању посла ван радног времена. Ово повећава могућност грешака или, у неким случајевима, може повећати ризик од личних повреда.[1]

Провајдер превентивног одржавања може повећати доступност помажући власнику дата центра да правилно планира распоређивање превентивног одржавања. У ситуацијама у којима се граде нови дата центри, провајдер превентивног одржавања може саветовати власника о томе како организовати план пода дата центра како би се омогућио лакше, мање наметљиво превентивно одржавање. Поред тога, информације које прикупљају државна тела, као што су национална агенција за океанску и атмосферску управу (НОАА), пружају податке о тренду климе које могу водити власнике дата центра на оптималне оквири за одржавање.[1]

На следећој слици приказан је дијаграм где је на вертикалној оси приказан степен корекције температуре, тј. упоређује спољашњу температуру са стандардом од 18.3° целзијуса, што је температура екстремнија то је већи степен корекције. Врући дани се мере у степенима хлађења. На дан са средњом температуром од 26 степени целзијуса, на пример, биће забележено 7,7 ступњева хлађења ($26 - 18,3 = 7,7$). Хладни дани се мере у степенима грејања. За дан са средњом температуром од 4 степена целзијуса биће забележено 14.3 ступњева грејања ($18.3 - 4 = 14.3$). Проучавањем степена корекције температуре у области у којој се гради дата центар, може се проценити повећање или опадање спољашњих температура из године у годину и могу се утврдити трендови.[1]



Слика 12. Дијаграм потребне утрошене енергије за хлађење или загревање у току године

3.7 Координација превентивног одржавања

Екстремне вруће и хладне спољашње температуре и периоди где је већа шанса од удара грома могу представљати значајне ризике. Ако подаци о климатским променама указују на април и септембар као оптимални месеци за превентивно одржавање, онда и даље треба узети у обзир и предности и мане. На пример, да ли је било који конструкциони пројекат планиран за време превентивног одржавања. Ако јесте, већа је вероватноћа од прекида због конструкционих грешака (нпр. напонска линија или довод воде се случајно прекине због конструкционе опреме) може бити важан фактор за разматрање. Да ли би се помоћу хладнијег временског времена омогућило бесплатно хлађење дата центра, ако систем за хлађење дата центра неочекивано стане са радом? Ако се септембар сматра оптималним месецом за обављање превентивног одржавања на основу спољашњих података о температури, да ли је паметно планирати током краја квартала месеца када финансијски системи раде пуним капацитетом?[1]

Један од приступа је да се планирање превентивног одржавања одвија у различито време. Мобилизација свих кључних чланова истовремено може представљати ризик компромитујући покривеност и подршку коју очекују пословни корисници и потрошачи. Ако је недостатак кадровских људских ресурса проблем, фазни план превентивног одржавања рашириће одговорност превентивног одржавања равномерније и омогућиће да дата центар одржи свој ниво услуга.[1]

Ако приступ људским ресурсима није проблем, други приступ би био да се превентивно одржавање деси истовремено, истог дана или групе дана, а не у различитим временским периодима. Уместо заказивања више посета превентивног одржавања са више организација, један партнер је позван да пружи, распореди и изврши кључну инфраструктуру превентивног одржавања. Ово „одржавање оријантисано ка решењу“ (супротно од традиционалног одржавања оријентисаног ка компонентама) са квалификованим партнером може уштедети време и новац и побољшати перформансе дата центра. Најважнији приоритет је да се планира превентивно одржавање са квалификованим провајдером када је поремећај у центру за податке минималан и када су максимално доступне опције опорављања.[1]

3.8 Извештај о раду

Процес превентивног одржавања треба да буде добро дефинисан и за провајдера и за власника дата центра. Провајдер превентивног одржавања треба издати власнику детаљан извештај о раду (ИОР) који јасно описује обим превентивног одржавања. Испод су наведени неко од елемената које треба укључити у извештају о раду:[1]

- Обавештење о одредбама – Већина произвођача препоручује посету превентивног одржавања годину дана након инсталације и пуштања у погон опреме, иако одређене компоненте које се често користе (нпр. освеживачи) могу захтевати ранију анализу и стално праћење. Треба поштовати одговарајуће протоколе како би се осигурао лак приступ опреми у дата центру. Оперативна ограничења власника такође треба рачунати. План треба формулисати тако да се опрема може подесити за оптималне перформансе.[1]
- Одредбе о замени делова – Извештај о раду треба да садржи препоруке које се тичу делова које треба „превентивно“ заменити или унапредити. Питања као што су доступности залиха, испорука тестираних и сертификованих делова, планирање непредвиђених догађаја у случају неисправних делова и уклањање и одлагање старих делова требало би да се адресирају извештају о раду.[1]
- Документација – Извештај о раду треба да прецизира исход превентивног одржавања који је документован са свим акцијама преузетим у току посете превентивног

одржавања. Извештај о исходима такође треба аутоматски прегледати од стране произвођача за техничко праћење.[1]

4. ОПЦИЈЕ ПРЕВЕНТИВНОГ ОДРЖАВАЊА

Услуге превентивног одржавања могу се купити директно од произвођача или од пружалаца услуга за одржавање. Избор организације за одржавање која је способна да подржи визију превентивног одржавања за дата центар је важна одлука. Такве организације могу бити глобално у домету или могу пружити регионалну или локалну подршку.[1]

4.1 Превентивно одржавање од стране произвођача

Карактеристике пружања услуга од стране произвођача су:[1]

- Резервни делови – залихе резервних делова су доступне власнику дата центра локално, делови су тестирани и изграђени у ISO сертификованој фабрици, делови су најновија ревизија/компатибилна са производом који се сервисира, оригинални фабрички делови се користе за замену.
- Познавање производа – служба специјализована за одређене производе, искуство повезано са великим бројем инсталација на којим су већ радили.
- Локална подршка – реагују у року од 4 сата
- Познавање окружења дата центра – поред појединачних компоненти, произвођач је често упознат са питањима снаге и хлађења који утичу на операције целокупног дата центра.
- Обука - особље је обучено у фабрици и сертификовано да испуни националне стандарде сигурности, особље добија редовне процене и обуку.
- Цена – обично су скупљи али и мање времена је потребно за дијагнозу и решавање проблема.
- Унапређење производа – служба може унапредити хардверски и софтверски производе
- Документација - документација садржи информације са најновијим ажурирањима, издавање техничких извештаја и документације власнику дата центра након што је превентивно одржавање извршено.

- Алати – служба поседује све потребне алате, опрему за тестирање и софтвер и усклађен је са ISO прописима о калибрацији.

Уговори о пакету одржавања од стране произвођача садрже брзе телефонске линије, подршку и гарантоване одзив. Произвођачи такође одржавају хиљаде комада опреме у свим географским подручјима и могу да искористе десетине хиљада часова теренског образовања како би додатно побољшали своје поступке одржавања и повећали стручност својих службеника. Подаци прикупљени од фабрички обученог особља на терену се каналишу у истраживачке и развојне организације како би могли анализирати основни узрок кварова.[1]

Истраживачке и развојне групе произвођача анализирају податке и изграђују неопходна побољшања хардвера и софтвера у надоградњама производа која затим представљају основу за следеће превентивно одржавање. Ова глобална изложеност такође омогућава произвођачевим сервисерима да одрже дубље разумевање интегрисаних проблема са електричном енергијом и хлађењем, знање које могу да примене како на решавање проблема као и на предиктивне анализе.[1]

4.2 Превентивно одржавање од стране трећег лица

Карактеристике пружања услуга од стране трећег лица су:

- Резервни делови – могу бити набављени са тржишта, од добављача коришћене опреме или их могу купити од произвођача али тада треба предвидети кашњење у испоруци. Могу их поправити на лицу места од стране неквалификованих техничара.
- Познавање производа – сервисно особље има шири спектар познавања производа од различитих произвођача, али зато не може имати приступ или знање о критичним надоградњама.
- Локална подршка – могу бити у стању да пруже услугу у року од 2 сата, могу покрити локалитете које произвођач не може.
- Познавање окружења дата центра – познавање дата центра изван поправки индивидуалних компоненти може бити ограничено.

- Обука – особље можда неће бити обучено у фабрици, ако фабрички обучени можда више не добијају ажуриране обуке.
- Цена – обично су јефтинији од произвођача.
- Унапређење производа – приступ ажурирањима производа и ревизијама софтвера може бити ограничено.
- Документација – сервисно особље можда нема приступ ажурираној сервисној документацији.
- Алати – можда неће имати тако брзо приступ најновијим алатима.

Већина предузећа за одржавање су локална или регионална; они имају тенденцију да раде на мањим инсталацијама опреме. Као резултат, њихова крива учења може бити дужа у односу на промене у технологији. Пошто имају мало директних веза са произвођачким и производним локацијама, већина неовлашћених добављача одржавања трећих лица не могу пружити ескалиран ниво подршке. Многи проблеми са којима се сусрећу су „нови“ јер немају кристи од коришћења глобалних података о континуираном побољшању превентивног одржавања прикупљених од инсталација произвођача широм света.[1]

4.3 Превентивно одржавање од стране корисника

Да ли власници дата центра одлучују да одржавају властиту опрему физичке инфраструктуре зависи од више фактора:[1]

- Архиктетуре / сложености опреме
- Ниво важности повезаних апликација
- Бизнис модела власника дата центра

Неки произвођачи олакшавају приступ корисничком одржавању пројектовањем компоненти физичке инфраструктуре којима је потребно далеко мање одржавања (нпр. UPS са модуларним, лако заменљивим картицама за батерије). Фактори у корист одржавања од стране корисника укључују плаћања услуге одржавања кроз интерни буџет,

а не спољни буџет и способност особља дата центра, ако су прописно обучени да брзо дијагнозирају потенцијалне грешке.[1]

Негативни фактори корисничког оджавања укључују ограничено искуство интерног особља и смањење базе знања особља током времена као резултат промета. Кашњење у обезбеђивању делова из спољашњег извора и брзо решавање проблема могу бити тешке ако не постоји уговор о одржавању. Без правилног структурирања организације за корисничко одржавање, очекивани ефекти на ефикасност и финансијске добити не могу се реализовати.[1]

Још један од начина реализовања превентивног одржавања је одржавање по стању, процена и пројектовање стања опреме током времена ће помоћи у индентификацији одређених јединица за које је највероватније да имају дефекте који захтевају поправке. Таква вежба ће такође индентификовати јединице чији јединствени напони (тј. UPS који често прелази на батеријско напајање због лошег квалитета корисне снаге) имају повећану вероватноћу од појаве отказа у будућности. Метод одржавања по стању такође индентификује, преко статистике и података, које ће компоненте опреме највероватније остати у прихватљивом стању без потребе за одржавањем. Стога се одржавање може усмерити тамо где ће учинити најугоднију и најмању штету.[1]

Подаци о одржавању по стању који су корисни и доступни да би се проценило стање опреме укључују следеће:[1]

- Старост
- Историја радних искустава
- Историја средине (температуре, напона, времена рада, необични догађаји)
- Карактеристике рада (вибрације, шум, температура)

5. РАЗВИЈАЊЕ ПЛАНА ОДРЖАВАЊА

5.1 Дефинисање циљева

Као први корак при дефинисању плана одржавања је дефинисање циљева плана. Циљеве плана можемо пронаћи одговарањем на следећа питања:

- **Када се треба превентивно одржавање одвијати?**

Превентивно одржавање се углавном до сад одвијало преко ноћи и викендом, међутим то и није најбоље решење, јер превентивно одржавање изводе техничари који раде прековремено и ако се појави нека грешка или отказ фирма није у могућности да упусти најквалификованије раднике на решавању тог проблема.[2]

Такође треба избећи време високих температура и могућност од удара грома.

- **Који резервни делови су критични?**

Да ли је неопходно држати резервне делове „при руци“? Ако јесте, како ће се њима управљати? Који су сигурносни захтеви тих делова?[2]

- **Које послове одржавања обавља фирма?**

Одговор на ово питање зависи од више фактора, пре свега од саме комплексности опреме и архитектуре дата центра, броја компоненти који су заменљиви ручно (без помоћне механизације) и стручности запослених. Још један важан фактор је доступност произвођача или фирме која је задужена за задатке које су ван опсега интерног особља.

Предности интерног особља је то што могу да одреагују брзо уколико се јави проблем, а мане су мањак експертизе и алата за решавање проблема.[2]

- **За које делове је потребна обука интерног особља?**

Изузетно је важно да интерно особље прође адекватну обуку сваког уређаја које ће одржавати. Већина опреме може бити веома опасна, чак и смртоносна без одговарајуће обуке, алата и делова потребних за сигурно и ефективно одржавање.[2]

- **Које одржавање треба изводити произвођач, а које сертификована компанија?**

Уколико нам је неопходан стручнији кадар, можемо потражити помоћ од самог произвођача дела или сертифициване приватне компаније која пружа услуге одржавања. Предности произвођача су: добро познавање производа, обично имају спремљене веће количине резервних делова, приступ најновијим унапређењима софтвера и документације, стручност кадра. Мане су: висока цена, вероватноћа да не постоји локална подршка. Предности компаније су: техничари могу радити на више производа различитих произвођача, могу понудити брзо реаговање нпр. долажење на лицу места за 2 сата, могу покрити регионе које произвођачи не могу, обично су јефтинији од произвођача. Мане су: могућност да кадар није стручан за најновију опрему, неприступачност свим деловима.[2]

- **Да ли ће се одржавање вршити по стању или календарски?**

Одржавање по стању користи разне индикаторе преформанси да би се дефинисало право време за одржавање, календарско време користи одређене временске интервале после којих се обавља одржавање. Узмимо за пример промену уља код мотора, неки произвођачи препоручују промену на сваких 6 месеци, док неки препоручују 8000км. У овом случају 6 месеци би било календарско одржавање, а 8000км одржавање по стању.[2]

Код одржавања по стању, одржавање може покренути: аларм са система за праћење, застарелост опреме, абнормални догађаји, вибрације, звукови, резултати мерења температуре, време активног рада, број пражњења UPS батерија.[2]

Мерење параметара код одржавања по стању може бити аутоматско (преко система за праћење) или мануелно преко мерења које се одвија периодично или по распореду.[2]

5.2 Прикупљање података опреме

Пре одржавања опреме морамо имати потпуну евиденцију о свим уређајима који ће се одржавати. Сва опрема се треба означити и именовати. Постоје два нивоа опреме чије податке треба сакупљати:[2]

1. Основни подаци опреме

- Модел
- Серијски број

- Произвођач
- Власник система
- Датум производње/уградње
- Захтеви за електричну енергију
- Капацитет - излазно оптерећење, излаз за хлађење, итд
- Потребни делови - појасеви, вентилатори, лежајеви, филтери итд.
- Провајдер превентивног одржавања

2. Додатни подаци опреме

- Упутства за инсталацију, рад и одржавање
- Прослеђивање опреме или производа
- Дизајнерски цртежи

5.3 Дефинисање правила по којем ће се опрема одржавати

Следећи корак у развијању плана превентивног одржавања је дефинисање по ком правилу ће се одржавање сваког дела опреме одржавати. Ова правила се могу употребити на систему и подсистему. Такође се може више улога доделити једном делу опреме. На пример, произвођач може дефинисати правило за провајдере превентивног одржавања да се UPS системи одржавају једном годишње, провајдери превентивног одржавања могу увести правило да се UPS системи одржавају једном у 3 месеца, а интерно особље дневну или недељну проверу. Ова правила се додељују у зависности од стручности, искуства, доступности делова и алата и цене.[2]

Ако интерно особље обавља послове превентивног одржавања, онда се може употребити анализа радних захтева за одређивање потребног нивоа стручности особља. Ова анализа је врло једноставна. Прво се у листу убаци сва опрема која се одржава . За сваки део опреме процењује се колико се сати утроши годишње на превентивно одржавање. Да би се одредио број укупних сати потрошених на одржавање, једноставно треба помножити број потребних сати за сваки део и број делова. Укупан број сати

одређује укупан број интерног особља. Када се одређује број потребних радника интерног особља, ту треба укључити и време потребно за одржавање евиденције.[2]

Пример анализе захтева система за одржавањем:

Опрема	Годишње потребно сати	Количина	Сати
Ваздушни управљач	38	20	760
UPS	20	4	80
PDU	24	16	384
CRAC	40	6	240
Кула за хлађење	74	1	74
Дневне провере	365	/	365
Одржавање евиденције	100	/	100
Укупно			2003

Слика 13. Листа којом се анализирају захтеви система за одржавањем

5.4 Компјутеризовање одржавања

Превентивно одржавање је од виталног значаја за обезбеђивање доступности дата центра, али се евиденција одржавања углавном води у табелама или на папирима. Постоји доста недостатака коришћења оваквог мануелног евидентирања одржавања:[2]

- Одржавање може бити превише пута изведено јер постоји могућност да неко није евидентирао обављено одржавање. Особље или алат нису у могућности да правилно изведу захтевани задатак.
- Недостатак праћења и процене коштања извођења одржавања.
- Недостатак праћења грешака који се понављају, њихово регистровање и преузимање одређених мера да се поново понављање заустави.
- Не генерише радне налоге са детаљима потребним за правилно обављање превентивног одржавања.

- Не постоји могућност праћења у реалном времену услова да се аутоматски генерише пауза у раду.

Да би се решили недостаци коришћења ручних система развила се нова класа рачунарске апликације. Компјутеризовани систем за одржавање – CMMS (Computerized Maintenance Management Systems) пружа широки појас функционалности међу којих је и:[2]

- Управљање системом.
- Контрола инвентара.
- Приказ корак-по-корак инструкција, сигурносно разматрање, листа потребних делова, алата и осталих специјалних захтева.
- Планирање превентивног одржавања на основу датума и услова.
- Радни налози.
- Детаљно извештавање о подацима о одржавању.

Употреба CMMS система значајно поједностављује комплексност задатка превентивног управљања у дата центрима. Главни кораци за успешно коришћење CMMS система су:

- **Одредити одговорно лице CMMS система**

Изузетно је важно да постоји одговорно лице за CMMS систем који ће бити одговоран за административне функције као што су додавање корисника и управљање табелама система.[2]

- **Одређивање које CMMS функције нама требају**

CMMS долази са мноштвом функција, али није неопходно користити сваку. Треба одабрати функцију која ће нам најбоље помоћи у управљању дата центром.[2]

- **Обучити раднике за рад на CMMS систему**

Ако желимо најбоље од CMMS система, врло је важно правилно обучити раднике за управљање апликацијом.[2]

- **Уношење података о опреми у CMMS систем**

Унесите податке о опреми које сте претходно сакупили у базу CMMS система што је више детаљније могуће, укључујући документе, цртеже итд.[2]

- **Уношење распореда превентивног одржавања у CMMS базу података**

Дефинишите задатке које желите да изводите за сваки систем или подсистем. Утврдити распоред за различите задатке (квартално, годишње итд.).[2]

- **CMMS систем ће израчунати следеће превентивно одржавање за сваки део опреме**

Једном када се унесе опрема и план превентивног одржавања у CMMS систем, CMMS систем ће онда ажурирати распореде сходно томе како се задаци извршавају, чиме се осигурава да се ниједно будуће одржавање не занемари.[2]

5.5 Креирати и објавити годишњи календар превентивног одржавања

Објављивањем годишњег календара превентивног одржавања обавештавају се сви за свако одржавање које ће се изводити, када ће се изводити и од стране кога. Ово ће омогућити правилну координацију између чланова интерног тима, произвођача и провајдера превентивног одржавања, што ће обезбедити да се одржавање води несметано.[2]

5.6 Редовна процена плана одржавања

Као и код сваког процеса или плана, важно је редовно прегледати резултате како би се осигурало да план функционише како је пројектован. Ако није, редовна процена је право време да се изврше било каква прилагођавања која су неопходна да би план функционисао ефикасније.[2]

6. ЗАКЉУЧАК

Одржавање је кључно за животни век и потпуно функционисање дата центра. Уговори о одржавању треба да садрже клаузулу за покриће превентивног одржавања тако да власник дата центра може бити сигуран да је свеобухватна подршка доступна када је то потребно. Тренутни процес превентивног одржавања мора да се прошири како би укључи „холистички“ приступ. Изузетно је важно да дата центар буде у раду, познато је да већина дата центара нуди корисницима 99,99% аптајм (време у раду), што би значило само до неколико минута годишње стање у којем дата центар не ради. Уколико се одржавање не изводи редовно, могуће је да дође до нестанка струје, што значи престанак рада на стотине или хиљаде апликација и програма који раде на мрежи (online), ангажовање стручног тима за њихово поновно подизање и враћање на претходно стање. Уколико би до нестанка струје дошло, један минут не функционисања дата центра, само са стране корисника власника би коштало око 7900 америчких долара, уз то иду поправке, замена делова, ангажовање стручног тима итд.

Данас, најбољи провајдер превентивног одржавања за пружање таквог нивоа подршке је глобални произвођач физичке инфраструктуре дата центра. Интегрисани приступ превентивног одржавања омогућава власнику дата центра да има једног партнера одговорног за планирање, извршење, документацију, управљање ризиком и праћење. Ово поједностављује процес, смањује трошкове и побољшава нивое расположивости система.

С обзиром да је дата центар константно у раду, треба обезбедити константну доступност у напајању, што значи више провајдера струје, или сопствени извор. Такође треба обезбедити правилно хлађење дата центра, по могућству за изградњу изабрати место где је могуће обезбедити природно хлађење тј. генерално хладна места, због уштеде енергије при загревању.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- [2] Developing Preventive Maintenance Plan for your Data Center by D. Cole, 2010
- [3] Savremeni data centri, pojam i značaj data centara, VISER
- [4] 7 Tips for Managing Preventive Maintenance at Data Centers, JEFF O'BRIEN, 2014
<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2014/01/23/7-tips-managing-preventive-maintenance-data-centers>
- [5] Basics of UPS systems, Jeff Clark, 2012. <http://www.datacenterjournal.com/basics-of-a-ups-system/>
- [6] The Different Technologies for Cooling Data Centers, Tony Evans
- [7] Data Centre Humidification, Carl Batchelor, <https://www.condair.co.uk/knowledge-hub/data-centre-humidification>

Попис слика

- Слика 1. <https://datacentervoice.com/wp-content/uploads/2015/12/datacenters.jpg>
- Слика 2. Different Types of UPS Systems, Offline, <http://www.apc.com/us/en/faqs/FA157448/>
- Слика 3. Different Types of UPS Systems, Line interactive, <http://www.apc.com/us/en/faqs/FA157448/>
- Слика 4. Different Types of UPS Systems, Online, <http://www.apc.com/us/en/faqs/FA157448/>
- Слика 5. <http://www.itair.co.nz/wp-content/uploads/2017/03/cooling.jpg>
- Слика 6. <https://www.condair.co.uk/i/4867/800/600/0/know-dir-in-coolinglb.jpg>
- Слика 7. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 8. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 9. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 10. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 11. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 12. Preventive Maintenance Strategy for Data Centers by Thierry Bayle, 2007
- Слика 13. Developing Preventive Maintenance Plan for your Data Center by D. Cole, 2010