

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Производни системи

Број индекса: 121/2009

Дамјан С. Банковић

**Контрола квалитета уз помоћ
координатне мерне руке и софтверског
пакета PC-DMIS-а**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Миладин Стефановић
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да:

Представи мерење геометријских величина и толеранције облика, положаја и грешака при самом испитивању призматичног облика, *GD&T* (кружности, цилиндричности, концентричности). Такође је потребно дати опис мерне руке Faro ARM Platinum

Препоручена литература:

- [1] М. Лазић, Основи Метрологије, Универзитет “СветозарМарковић”, МашинскифакултетуКрагујевцу, Крагујевац, 1987.
- [2] PC-DMISCoreManual, HexagonMetrology, 2012.

Крагујевац, _____ године

ментор:

Проф.др Миладин Стефановић

Контрола квалитета уз помоћ координатне мерне руке и софтверског пакета PC-DMIS-a

Quality controlling with measurment arm and software package PC-DMIS

Резиме: У овом раду представљено је мерење геометриских величина и толеранције облика, положаја и грешака при самом испитивању призматичног облика, GD&T (кружности, цилиндричности, концентричности итд). Такође је дат опис машине за мерење којом је мерен приказани део, координатна мерна рука Faro Arm Platinum.

Кључне речи: кружност, цилиндричност, концентричност, GD&T

Abstract: This paper introduce measurement geometrical tolerances on shape, position, and errors in the testing prismatic shape GD&T (circularity, cylindricity and concentricity, etc.). Its also presented measuring machines mentioned tolerances with coordinate measuring arm Faro Arm Platinum.

Keywords: circularity, cylindricity, concentricity, GD&T (Generalization Distribution Table)

Садржај

1.0 УВОД.....	1
2.0 Основе метрологије и мерења.....	2
2.1 Тачност и прецизност мерења	3
2.2 Координатна мерна техника.....	3
2.2.1 Конструктивне карактеристике координатно мерних машина	4
2.3 Карактеристике софтвера.....	4
2.4 Изведене конструкције координатно мерних машина	6
2.5 Контактни сензори на координатно мерним машинама	6
2.6 Подела сензора	6
2.6.1 Крути сензори	6
2.6.2 Контактни сензори за мерење "тачка по тачка"	8
2.6.3 Статички контактни сензори	8
2.6.4 Пиезоелектрични сензори.....	9
2.6.5 Сензори на принципу мерних трака	10
2.6.6 Континуални контактни сензори	10
2.6.7 Активни континуални контактни сензори	10
2.6.8 Пасивни континуални контактни сензори.....	10
2.7 Координатни системи.....	11
2.8 Елементарни геометријски облици	11
2.9 Калибрација и верификација.....	12
2.9.1 Калибрација и верификација менрог пипка	12
3.0 Мерни систем Faro Arm Platinum и софтверски пакет PC-DMIS	14
3.1 Мерни систем Faro	15
3.2 Фаро платинум рука	16
3.3 Faro 3D ласер скенер.....	18
3.4 PC-DMIS	18
3.5 Означавање толеранција облика и положаја	21
3.6 Osnovne funkcije PC-DMIS softverskog paketa	23
3.7 Калибрација и конфигурирање уређаја.....	23
3.8 Креирање новог парт програма	24
3.9 Дефинисање мерног пипка.....	25
3.10 Подешавање погледа	26
3.11 Мерење дела	27
3.12 Скалирање слике у прозору графичког приказа	29
3.13 Креирање референтног координатног система(<i>alignment</i>)	29
3.14 Подешавање преференција	31
3.15 Додавање коментара	31
3.16 Мерење додатних отвора праћењем техничке документације	32
3.17 Креирање цилиндра	33
3.18 Креирање кружнице.....	36
3.19 Креирање равни.....	38
3.20 Креирање тачке	39
3.21 Конструисање нових равни помоћу постојећих.....	39
3.22 Димензионисање	43
4.0 Парт програм и подешавање извештаја мерења.....	45
4.1 Извршење парт програма	54
4.2 Подешавање репорт излаза.....	55
5.0 Закључак.....	66
6.0 Литература	67

1.0 УВОД

Развој науке и техничко технолошки процес у развоју нових квалитетнијих производа захтевају и нови развој метода и техника контроле квалитета односно развој метрологије као посебне научне дисциплине. Развој метрологије је основна претпоставка метролошког обезбеђења производње, како у фази развоја нових програма и производа, тако и у фази анализе и обезбеђивања квалитета постојећих технолошких решења. Различите индустријске гране користе исте физичке величине (дужина, маса, сила, време, притисак итд.). Потреба рационализације поступака идентификације истих физичких величина довела је до разраде јединствених метода мерења и развоја метрологије као посебне научне дисциплине.

Метрологија потиче од грчке речи метрон-мерење и логос-наука. Метрологија је наука о мерењу. Она се бави мерним јединицама и њиховим еталонима, мерилима и мерењима и обухвата све теоријске и практичне проблеме који се односе на мерења без обзира на њихову тачност. Метрологија такође обухвата одређивање физичких константи и својства материјала и материје. Метрологија се може посматрати и у зависности од физичке величине коју разматра, као метрологија дужине, метрологија времена, метрологија температуре и слично, или према области примене, као техничка метрологија, астрономска метрологија, медицинска метрологија. Почети метрологије датирају још у 18. веку, односно за период око француске револуције која је дала значајан подстрек њеном развоју. Наиме у том периоду зачала се идеја о стварању децималног метарског система и о усвајању дефиниције за јединицу дужине-метар. Након потписивања Међународне метарске конвенције 20. маја 1875. године у Паризу, којој су током времена приступиле скоро све развијене земље, метрологија се као наука од општег интереса убрзано развијала.[1]

У овом раду је приказано мерење помоћу координатне мерне руке Faro Arm Platinum која се користи за мерење и контролу квалитета делова применом софтверског пакета PC-DMIS-а. Мерења су вршена на адаптеру за монтажу у аутомобилској индустрији.

У првом делу овог рада су описане основе метрологије и мерења, тачност и прецизност мерног система, конструктивне карактеристике координатно мерних машина, као и подела сензора.

Други део рада обухвата принцип рада мерног система Faro Arm Platinum и одабраног софтверског пакета PC-DMIS, као и целокупан поступак мерења задатог дела.

У трећем и завршном делу дато је извршење и код парт програма као и подешавање извештаја мерења.

2.0 Основе метрологије и мерења

Мерење је одређивање бројних вредности физичких величина уз помоћ којих се остварују законитости појава које се испитују. Измерити неку величину, значи утврдити њен бројни однос са неком другом истородном величином, која је усвојена као мерна јединица. При мерењу је потребно обезбедити податке о различитим физичким величинама: дискретним и непрекидним, константним и променљивим, зависним и независним.

Основне величине су: дужина, маса, време, јачина електричне струје, температура, количина материје, јачина светлости. Изведене величине су: површина, брзина, запремина итд. Због тога, мерење се сматра процесом физичког изједначавања дате величине са њеном физичком вредношћу која је узета за јединицу мере. Полазећи од оваквог става и ако се уведу ознаке Q за мерену величину, $[Q]$ за мерну јединицу и q за бројну вредност величине која се мери у усвојеним мерним јединицама, може се написати израз: $Q = q [Q]$. На тај начин резултат мерења се представља као квантитативна информација о основним својствима мерног објекта, добијена као резултат физичког процеса са одређеним степеном тачности.

Савремена метрологија је наука о мерењима, методама и средствима обезбеђења њиховог јединства и начина постизања потребне тачности. Метрологија се дели на општу (теоријску и експерименталну) и примењену. Општа метрологија се бави фундаменталним истраживањима и стварањем система мерних јединица, еталона и физичких константи, док примењена метрологија решава практичне проблеме мерења. Производна метрологија је део примењене метрологије која се бави техником извођења мерења и изучавањем скупа правила, мерних уређаја и неопходних мера за обезбеђење потребне тачности мерења.

Овде се наводи кратак историјски преглед производно - метролошких система који је урађен према [Kamp86, Wern81, Wern 82]. До сада се могу издвојити пет развојних етапа:

Прва етапа је узета закључно са 1920. годином. Основна карактеристика овог периода је да се у индустријску производњу и примену уводе једнострука мерила, а отворене су прве фабрике и произвођачи метролошке опреме.

Друга етапа обухвата период од 1920.-1940. у овом периоду развијено је неколико типова метролошких система као што су: оптиметар, ултра оптиметар, АBBE-ова мерна машина, интерферометар, Schmaltz-ов микроскоп за мерење храпавости и други. Овај период се посебно карактерише по томе што је у мерно контролне системе уведена оптика. Сви најзначајнији развијени метролошки системи базирани су на законима оптике.

Трећи период је од 1940-1960. године. У њему је развијен и примењен интерферентни микроскоп и индуктивни мерни системи. Отпочела је и производња метролошких система за храпавост чији принцип рада није био заснован на оптици. Овај период се посебно карактерише отпочињањем индустријске производње метролошких система на бази пнеуматике.

Четврта етапа обухвата период од 1960.-1980. године. Овај период се карактерише тиме што се у метролошким системима примењује електроника: транзистори, интегрална кола, почеци примене микропроцесора и микрорачунара.

Последња етапа је од 1980. године. Њена основна карактеристика је: Интеграција метролошких процеса са другим процесима (обрада, манипулација, транспорт,

контрола) у технолошким системима на бази рачунарске подршке. Развијене су NUMM четвртог и петог технолошког нивоа са машинским програмирањем. Развијају се метролошки системи на бази дигиталне обраде слике. Врше се интензивна истраживања у области интелигентних метролошких система.

2.1 Тачност и прецизност мерења

Са појмом грешке мерења неке величине, директно је повезана тачност (Т) и прецизност (Р) мерења. Под тачношћу мерења подразумева се, у општем случају, квалитет или ваљаност мерења, тј. степен блискости (слагања) између резултата мерења и праве вредности мерене величине.

Тачност мерења неке величине утолико је већа, уколико је мања грешка њеног мерења. Отуда се преко грешке мерења квантитативно изражава тачност мерења дате величине. Прецизност мерења дефинише се поновљивошћу мерних резултата, односно степеном расипања или узајамног подударења појединих мерних резултата. Ти резултати добијени су узастопним, вишеструким понављањем мерне операције над неком мерном величином, чија је вредност временски независна (константна). То значи да је прецизност неког мерења већа, уколико је мање међусобно расипање појединих вредности резултата мерења у скупу резултата поновљених мерења, или уколико је међусобно подударење ових вредности веће.

2.2 Координатна мерна техника

Повећање захтева за квалитетом и повећање производње упоредно се решава аутоматизацијом технолошког процеса и обрадних система, у које је најчешће укомпоновано и аутоматизовано мерење и контрола. Међутим, тамо где је аутоматизација обраде решавања помоћу појединачних, специјалних, NU-машина (нумерички управљаних) и то у мало и средње серијској производњи, наметнула се и нова техника мерења са широким мерним могућностима - координатна мерна техника (CMT).

Координатна мерна машина се у радионици може поставити као посебна мерна јединица или се може укључити у аутоматизовани обрадни процес и стварни систем CMM-NU.

Програм и поступак мерења на CMM се, при томе, може да направи посебно од NU-машине, на одговарајућем месту за програмирање, слично као и за NU технику. Подаци обраде и мерење могу тада да се доставе једном скупном информацијском систему, како би се, ако је потребно, процес мерења могао кориговати док је у току обраде. Могући системи програмирања, ако је за обраду, рецимо, EXAPT за мерење ће бити NCMES, а гледајући на укупне податке могући је концепт CAD/CAM.

CMM може бити и комплетно интегрисана у обрадни процес. Ово, уствари и представља главни предмет нове концепције развоја ове области. При томе је потребно тако допунити програмску опрему, да се може повезати управљање мерног поступка са обрадним процесом и да се на основу података мерења постигне побољшање процеса обраде. У том случају CMM је једна јединица модулног обрадног система, а не посебна јединица, повезана са машином алатком.

На данашњем техничком тржишту, постоји стална потреба за прикупљање тродимензионалних података о деловима, производима и окружењу. Прикупљање ових

результата у 3D облику пружа бољи увид у податке, омогућавајући корисницима да имају више поверења у ниво тачности.

Напретком технологије, представљени су робусни, преносиви 3D мерни алати, са високим новоом тачности. Убрзавањем дигитализације сложених делова и окружења, 3D технологија мерења омогућава корисницима лаку проверу калитета производа.

2.2.1 Конструктивне карактеристике координатно мерних машина

Конструктивно извођење координатних мерних машина зависи од потреба с'обзиром на мерне захтеве, место постављања машине, захтеване тачности, методе мерења и друго.

Координатна мерна машина може бити конструктивно изведена као :

- стубна
- конзолна
- портална
- мостовна
- ротирајућа преносна мерна рука (portable articulating arms)

Преносне мерне руке се разликују од традиционалних координатних мерних машина. Оне најчешће долазе у форми зглобне руке. Ове руке имају шест или седам обртних оса са цилиндричним енкодерима.

Према броју оса може бити:

- једнокоординатна и представљају прецизне машине за дужинска мерења (спољња и унутрашња)
- двокоординатна, за мерење равни и
- трокоординатна, за просторна мерења.

Неке конструкције координатно мерних машина снабдеване су и обртним столом. Према методи мерења може бити:

- тачка по тачка
- scanning-поступак (претраживање).

2.3 Карактеристике софтвера

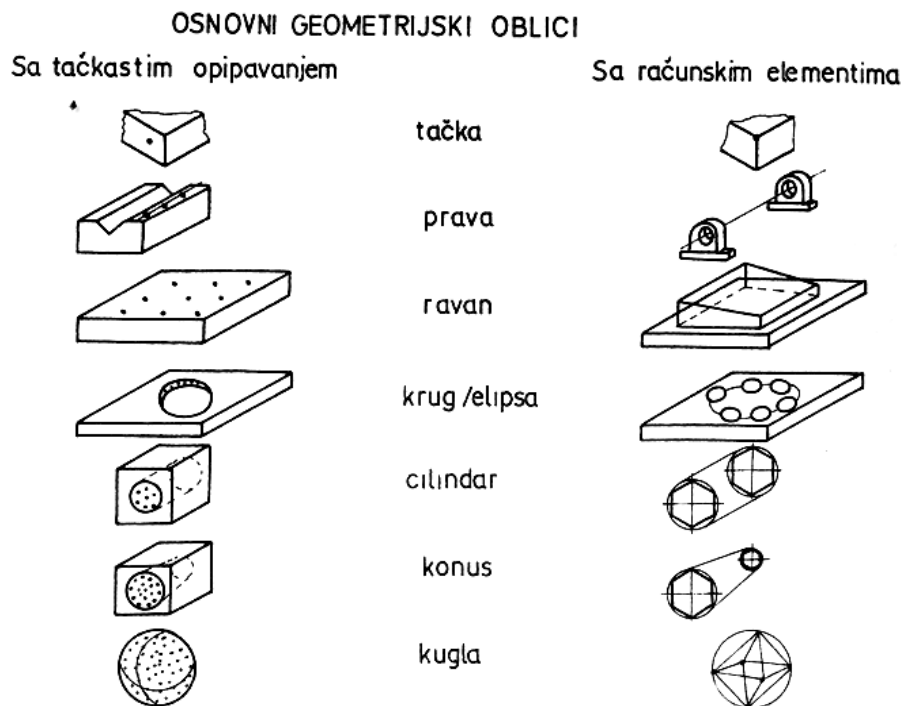
Паралелно са развојем hardware-а СММ (опрема) развија се и специфична софтверска подршка (програми). Опсег данас развијених програма обухвата готово све мерне потребе и задатке.

Неке основе које овакви програми треба да испуњавају су:

- Аутоматски се подешава смер кретања мерног пипка и мерна равна.

- Могућност ручног или аутоматског калибрисања.
- Трансформација и прерачунавање координата је аутоматско, па није потребно подешавање нултог положаја.
- Програми се израђују по модулном принципу, тако да се њиховим слагањем добија комплетан програм за неко мерење
- Дијалог између оператора и рачунара је једноставан (у облику исписаног текста).
- Аутоматско (Компјутерско нумеричко управљање) памћење при ручном мерењу првог комада без коришћења рачунарског језика.

За геометријско описивање мерног задатка користе се основни геометријски облици: тачка, права, површина, круг (елипса), цилиндар, конус, кугла. За ове облике израђени су под програми (subroutine) , чијом се комбинацијом тада слаже комплетан стандардни програм за мерење.



Слика 2.3.1: Основни геометријски облици

Први језик који је развијен за потребе програмирања на CMM је био NCMES (Numerical Controlled Measuring and Evaluation System - Систем за мерење и вредновање са нумеричким управљањем).

Као резултат мерења се добија мерни протокол који садржи све потребне податке: регистарски број мерног резултата (за потребе накнадног позивања), метода мерења, номинална мера са прописаном толеранцијом и одступање.

2.4 Изведене конструкције координатно мерних машина

Мерење код трокоординатних мерних машина се може изводити на више начина.

Тако може бити:

- Мерење са механичким додиром, пипком, смештеног у електронској мерној глави без превођења са мерном силом од (0.5-2.5) N.
- Мерење са механичким додиром са превођењем, што представља мерење без дејства мерне силе.
- Оптичко мерење мерних предмета.

2.5 Контактни сензори на координатно мерним машинама

Функција СММ је аквизиција информација са мереног дела, углавном у форми Декартових координата. Уређаји намењени за обезбеђивање ове врсте информација називају се СЕНЗОРИ.

Сензори су прошли кроз значајну еволуцију у последњих 25 година и данас су доступни у бројним, различитим изведбама, све у циљу обезбеђења решавања било ког практичног проблема.

2.6 Подела сензора

Сензори се, поред у основним метролошким карактеристикама, разликују према основним физичким принципима на којима су засновани.

Према методи на бази које сензор омогућава прикупљање информација са дела који се мери, разликују се две велике фамилије сензора:

- Тактилни сензори
- Безконтактни или оптоелектронски сензори.

2.6.1 Крути сензори

Сферни крути сензори користе се тако што корисник ручно доводи сферу у физички контакт са тачком коју мери, затим дугметом (или педалом) омогућава снимање координата центра сфере сензора путем мерног система појединих оса.

Координате тачке контакта се добијају сабирањем вектора положаја центра сфере и правца у коме је предмет додирнут. Крути сензори се производе у разним облицима и димензијама, у зависности од облика који се мери.

Примена крутих сензора је и даље изражена код координатних мерних машина типа мерне руке.

3D мерне руке су са развојем квалитетнијих зглобних веза (цилиндричних и сферних) између сегмената, као и рачунарске подршке за читавање позиције сензора, прерасли у модерне уређаје за 3D мерење. Развој ове врсте уређаја је, захваљујући њиховој флексибилности и мобилности, процесе мерења, традиционално везане за лабораторијске услове, изместио ван ових оквира.

Конструкцију ових уређаја чине сегменти (најчешће 3 или 4) који су повезани цилиндричним и/или сферним зглобним везама, чиме се омогућује да контактни сензор

(који уједно представља и крајњи сегмент) заузме готово било који положај у простору и приђе и тешко приступачним деловима објеката.



Слика 2.6.1.1: Faro Arm Platinum мерна рука

Контактни мерни сензор код ове врсте уређаја је типично крутог типа, често са конусним врхом, уместо сфере, у циљу елиминисања ефекта “сферне грешке” која представља највећу слабост 3D мерних рука у погледу тачности.

Управљање 3D мерним рукама, односно довођење сензора у мерну позицију је мануелно, што је и основна разлика у односу на примену контактних мерних сензора на роботским рукама код којих је по правилу управљање CNC.



Слика 2.6.1.2: Romer мерна рука

Аквизиција података је такође мануелна - оператер притиском на тастер (или папучицу) даје сигнал софтверској подршци да меморише координате тренутне позиције сензора. Принцип мерења је заснован на тригонометријском израчунавању позиције мерног сензора преко (опто-електронских) сензора положаја у зглобовима, који дају информацију о угловима закретања сегмената, која се затим трансформише у x , y и z координате.

У предности ове врсте уређаја за 3D мерења могу се убројати:

- мобилност,
- примењивост у различитим окружењима (од погона до отворених простора), као и
- могућност једноставне 3D-дигитализације већих објеката (из неколико мерних позиција).

Недостаци су:

- мања тачност (услед присуства поменуте „сферне грешке“, односно недостатка информације о вектору нормале у тачки контакта сензора и објекта) и
- спорија аквизиција података.

2.6.2 Контактни сензори за мерење "тачка по тачка"

Ови сензори се називају и “окидачки” (енг. trigger probes) зато што генеришу електрични сигнал када дођу у физички контакт са мерним предметом. Овај сигнал се користи за заустављање свих кретања машине и снимање координата центра пипка од стране мерног система СММ.

Најраспрострањенији контактни сензори за мерење на принципу “тачка по тачка” могу се поделити у три главне категорије и то:

- засновани на концепту статичког носача,
- засновани на концепту пиезоелектричног статичког носача и
- засновани на концепту мерних трака.

2.6.3 Статички контактни сензори

Ова врста сензора је најједноставнија и најзаступљенија код мерења на принципу “тачка по тачка”. Често се користе за одређивање нулте тачке на обрадним центрима. Уређаји ове врсте су много година били једини електрични сензори на координатним мерним машинама. Ови сензори су засновани на механизму где су три пара контаката затворена силом опруге. Та три контакта образују статички носач, веома поновљив у позиционирању. Контакти су састављени од три цилиндра која се налазе у истој равни под међусобном углом од 120° . У стању мировања цилиндри заједно са сферама затварају електрично коло.

Ови сензори могу бити:

-
- The diagram shows a mechanical assembly. At the top is a vertical cylinder with a thick black band around its upper section. A large black arrow points upwards from the center of the cylinder. Below the cylinder is a horizontal arm with four circular weights attached to its ends. The arm is pivoted on a base with two circular holes. The base is shaded with diagonal lines.

Врх пипка, често у облику сфере се производи од вештачког рубина или керамике. Дужина пипка је критични параметар који може утицати на поузданост мерних резултата. Као и сваки предмет на који се врши механичко дејство, када сензор додирне предмет, он подлеже еластичним деформацијама, савијању и извијању. Амплитуда осцилација може варирати у зависности од:

- веома добре метролошке особине чак и са пипцима са повећаном дужином,
- могућност мерења тачака у свим правцима (6-смерно),
- могућност директног постављања у главну осу координатне мерне машине и

- висока тачност.

Без обзира на интересантна својства, овај тип сензора није распрострањен као претходни, али се ту мора нагласити да су сензори са електро-механичким статичким носачем конципирани и пласирани на тржиште током раних 70-тих година XX века, док су пиезоелектрични сензори конципирани много касније.

2.6.5 Сензори на принципу мерних трака

Ови сензори имају могућност мерења силе контакта пипка и предмета у три правца. Излазне информације се затим процесирају електронским интерфејсом сензора који прати када резултирајући вектор силе прелази дату границу. Када се постигне гранични ниво, аутоматски се остварује сигнал о мерењу тачке. У односу на електромеханичке сензоре од тачке до тачке, сензори са мерним тракама стварају сигнал при знатно мањој сили додира са предметом, што дозвољава незнатно савијање пипка и знатно смањен отклон. Из претходног произилази добра особина сензора са мерним тракама - могућност употребе пипака већих дужина. Недостатак је велика осетљивости ових уређаја, излазни подаци се морају пречистити како би се избегле тачке шума, које нису настале додиром са делом, него услед вибрација покретних елемената машине. Због тога се препоручује коришћење пипака од материјала са dobrим карактеристикама пригушења осцилација и што мање масе.

2.6.6 Континуални контактни сензори

Континуални контактни сензори су много година представљали најсофистициранији облик сензора коришћених на координатним мерним машинама. Као што је већ наведено, сензор дискретних тачака долази у додир са предметом само у тренутку мерења тачке, док код континуалног скенирања сензор остаје у додиру са предметом пратећи његов профил и сакупљајући тачке према претходно дефинисаним правилима. Овај тип сензора се користи за мерење и за дигитализацију.

Ове врсте уређаја се могу поделити у две категорије:

- активне
- пасивне.

2.6.7 Активни континуални контактни сензори

Активни сензор практично представља СММ унутар СММ. Садржи мерни систем, погонски систем и носећу структуру. Ови уређаји користе активно генерисање силе, тј. за време мерења по путањи скенирања сензор сам контролише силу контакта са делом и на тај начин се избегавају утицаји изазвани деформацијама пипка при мерењу. Савремени сензори ове врсте су опремљени системом аутоматског уравнотежења масе система пипака.

2.6.8 Пасивни континуални контактни сензори

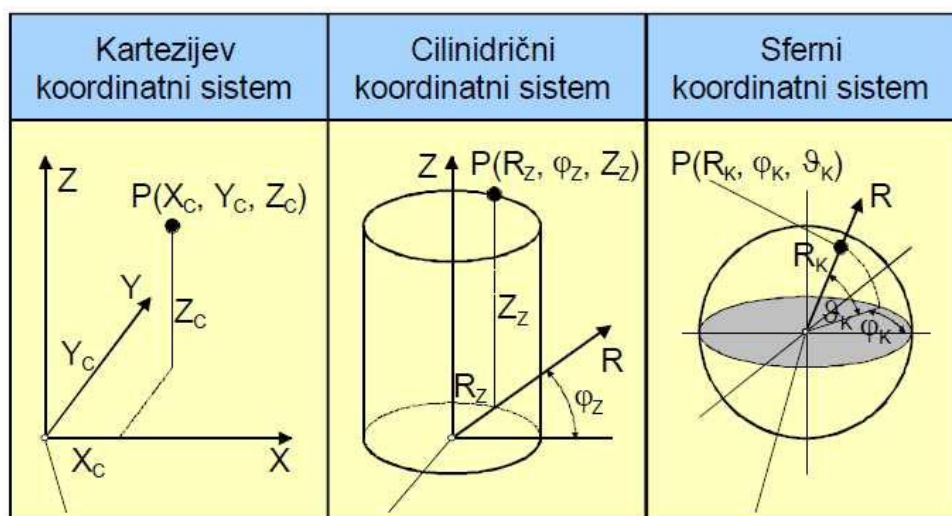
Пасивни сензори су једноставнији механизми. Имају могућност читавања отклона пипка помоћу механизма опруге. Мерење тачака се остварује кретањем оса СММ који

узрокују померање пипка из положаја мировања. Најчешћи механизам је заснован на три пара опруга, постављених у виду паралелограма. Сила мерења зависи од отклона мерног пипка приликом мерења. Напретком управљачког система СММ, пасивни континуални сензори су почели да замењују активне због своје цене. Пасивни сензор је могуће причврстити на зглобни држач, тако да је могуће постићи било који положај у простору уз изузетну поновљивост. Ова врста сензора, који се могу користити и за мерење дискретних тачака.

2.7 Координатни системи

Координатни систем мерне машине се дефинише преко координатног система мерног стола, који представља референтни координатни систем, и његове вредности представљају мерне опсеге оса мерне машине. Мерни предмет има два координатна система: уравњавања и мерења. Први од њих, врши успостављање везе између координатног система мерне машине и мерног предмета.

Други координатни систем мерног предмета, даје везу између метролошких задатака на њему и других координатних система (машине и мерног сензора). Најзад, координатни систем мерног сензора, успоставља везу између генерисане координате основног геометријског облика, метролошког задатка и осталих координатних система машине и мерног предмета.



Слика 2.7.1: Координатни системи у употреби

2.8 Елементарни геометријски облици

Мерни предмети чије се мерење или инспекција врши на NUMM, одређени су идеалном (номиналном) и реалном геометријом. Идеална геометрија је дефинисана техничким цртежом или CAD моделом мерног предмета, а са аспекта практичне примене (моделирања, пројектовања, планирања), она се описује: тачком, правом, кругом, равни, сфером, цилиндром, купом, елипсом и торусом. Ови елементарни геометријски облици се препознају на основу узетих броја тачака које су генерисане на мерном предмету.

KARAKTERISTIKA (ELEMENTARNI GEOMETRIJSKI OBLIK)	MINIMALNI BROJ TAČAKA
TAČKA	1
PRAVA	2
KRUG	3
RAVAN	3
ELIPSA	4
SFERA	4
CILINDAR	5
KUPA	6
TORUS	7

Слика 2.8.1: Потребан број тачака за креирање геометријских облика

2.9 Калибрација и верификација

Калибрација је скуп поступака којима се, у одређеним условима, успоставља однос између вредности величина које показује мерило или мерни систем или вредности које представља материјализована мера или референтни материјал, и одговарајућих вредности остварених еталонима.

Верификација је процес доказивања истине или неке тврдње, поставке, хипотезе и сл. Изводи се на више начина од којих су експериментални докази највалиднији. За верификацију би најједноставније могли рећи да је потврда о ваљаности предходно извршене калибрације.

2.9.1 Калибрација и верификација мерног пипка

Калибрација и верификација су две фундаменталне активности код управљања сензорима и циклусом мерења у целини,

- Када је дефинисан мерни сензор он мора бити калибрисан.

Калибрација представља поступак дефинисања координатног система мерног сензора као и меморисање података о сваком мерном пипку понаособ.

- Калибрацији мерног сензора мора да предходи утврђивање мерне силе. Правилан избор мерне силе је јако важан за статичку крутост система мерног сензора.

Када се заврши калибрација, може се извршити верификација сензора. Мерењем претходно калибрисаног еталона аутомаски се одређују корекције пипка (дужине и радијус).

Софтвер за калибрацију мерног сензора се користи за дефинисање ефективног радијуса мерног сензора. Компензација радијуса мерног сензора је урачуната при одређивању димензија.

Линије и равне површине су померене у правцу нормале на радијус врха мерног пипка:

- за круг, сферу и цилиндар: њихов радијус се повећава, или смањује у правцу нормале на радијус врха мерног пипка,

- за торус: радијус цеви се повећава, или смањује за вредност радијуса врха мерног пипка, и
- за конусе: врх се помера у правцу осе.

3.0 Мерни систем Faro Arm Platinum и софтверски пакет PC-DMIS

3D мерне руке, познате и као ротирајуће руке, су преносне координатне мерне машине, које одређују и снимају локацију у 3D простору путем сонде.

Име потиче од самог изгледа уређаја – хардвера који подсећа на људску руку са раменима, лактом, подлактицом и зглобом. Да би се утврдио положај сонде, руке у сваком зглобу садрже стаклени диск – енкодер, који рачуна положај сонде док се рука слободно креће по радном простору.

Мерни опсег руке се обично креће од 0.6 m до приближно 2 m. Што је рука краћа то је резултат тачнији, зато што је мања механичка грешка. Мерне руке се такође могу поделити и на основу броја оса ротације. Обично имају шест оса ротације, али ако рука има дршку на крају јединице за контролу ротирајућег зглоба, то се сматра као мерна рука са 7 оса ротације.

Једна од главних предности коришћења мерних руку је њихова преносивост. У поређењу са традиционалним координатним мерним машинама, руке су знатно мање и лакше, и на тај начин, могу се однети до дела уместо да се део доноси до мерне машине. Осим тога, руке су дизајниране да се прилагоде већини температурних услова, тако да могу да раде у широком спектру окружења. Поред тога то су знатно јефтиније од фиксних координатних мерних машина, такође су и лакше за коришћење са једноставним тастерима на ручици која се користи за прикупљање података.

Стотинама година уназад, коришћене су ручне мерне алатке као што су микрометар и остала помична мерила. Међутим, због механичке једноставности, ручни алати могу да пруже само основна мерења, као што су дужина, ширина и дебљина. Ако је потребно измерити сложене димензије, као што је облик (равност, кружност итд.) или растојање центара две рупе, потребни су софистициранији мерни системи.

Усклађеност са националним и међународним стандардима је веома битна, јер је то једини начин да се потврди резултат мерења.

Координатно мерне машине прикупљају детаљне податке о димензијама померањем сферног врха сензорског уређаја-сонде дуж површине дела који се мери. Уграђени енкодери прате релативно кретање по свакој оси са великом прецизношћу.

Преносне координатно мерне машине користе енкодере за мерење положаја центра сферне сонде, у тродимензионалном простору. Контакт се остварује путем сферне сонде, узима се мерно место и софтвер израчунава положај контактне тачке у простору са тачношћу од 5 микрона. Међутим, да би смањили грешке при мерењу, потребна су одговарајућа подешавања, укључујући одабир праве сонде и калибрацију исте.

Дршка сонде треба да обезбеди што већу крутост. Кад узимате мерне тачке, уколико се дршка савија или увија појављује се грешка при мерењу. Да би смањили овај извор грешке, прво сама дршка треба да буде направљена од крутог материјала као што су нерђајући челик, карбид или угљенична влакна. Следећи критеријум је дужина и пречник дршке.

Однос дужине дршке и њеног пречника треба да буде што је могуће мањи, како би се смањила могућност деформације дршке приликом мерења.

Постоје два преовлађајућа материјала када су у питању сонде: керамика и силицијум.

Обично се добијају од поликристалних материјала, синтетичких рубина или циркона. Поликристални материјали су трајни, лагани (4 grama/cm³). Поликристални материјали су материјали сачињени од много мањих кристалиста насумично оријентисаних.

Синтетички рубини имају сличну хемијску структуру као и поликристални материјали, али је њихов састав монокристални, што значи да се састоје од једне целине кристалне структуре. Синтетички рубини се користе за израду сонди, јер имају добре карактеристике на хабање. Изузетак је скенирање делова од алуминујума и ливеног гвожђа.

Циркон, је јако једињење цирконијума и диоксида ZrO₂ са великом отпорношћу на хабање као и рубин. Има већу густину од 5.89 grama/cm³ али није подложен проблемима мерења алиминујумских и делова од ливеног гвожђа. Ове особине чине циркон једним од најбољих материјала за преносне мерне сонде.

Технологија преносно координатних мерних машина нуди инзваредне могућности за смењење несигурности мерења. Поред тога, ови уређаји могу да врше мерења на тешко доступним местима са лакоћом. Избор праве сонде смањује могућност грешке и брзо добијање потребних резултата. На тај начин се штеди време и новац у односу на уобичајене мерне методе.

3.1 Мерни систем Faro

Дефинитивно, један од највећих хитова у свету метрологије данас је FARO. Настао је 1982. године у Монреалу (Канада), на универзитету McGill са првобитном делатношћу везаном за мерења и контроле у медицини (хирургији) лаким уређајима на бази мерне руке. 1990 предузеће се сели на Флориду, USA, и шири своју делатност са медицине на све важније гране индустрије као што су авио, аутомобилска, металопрерађивачка и др. Данас FARO технологија иде у три основна правца: мерење, контрола, “Reverse Engineering” и генерисање 2D-3D модела ласерском (безконтактном) методом.

Одлике FARO уређаја су велика једноставност у руковању, мале димензије, покретљивост уређаја и висока тачност на мањим дужинама мерења и контроле.



Слика 3.1.1: Скенирање (лево), Инспекција (средина), Реверзни инжењеринг (десно)

FARO технонологија повећава продуктивност тако што драстично скраћује локална времена мерења а различити софтверски пакети, специфични за разне области индустрије, омогућавају корисницима да своје резултате ефектно користе и презентују.

FARO Gage су високо прецизне преносиве мерне руке са радним простором од 1,2 m (у пречнику) и тачношћу до ± 0.005 mm. Бројна помагала за учвршћење омогућавају брзу и једноставну примену Gage и Gage Plus на радном месту или директно на одрадном

центру. Као високо прецизни мерни инструмент са властитом компензацијом температуре, Gage се пре свега користи у производњи.

Gage у производњи не замењује само традиционе ручне мерне уређаје, она лако решава такође и захтевне задатке мерења у области толеранције облика и положаја. Иновативни систем FARO Gage на тај начин омогућује брзо и једноставно обављање свих мерења директно у производном процесу. FARO Gage се испоручује као комплетан систем са специјалним Gage софтвером чији се графички управљачки систем истиче једноставним руковањем. Обука корисника није неопходна: након једноставног активирања жељеног задатка мерења руковаоц се спретно води ка решењу. На крају мерења може се одштампати извештај о мерењу. Треба истаћи и апсолутну преносивост система који захваљујући интегрисаном систему компензације масе и опционално уграђеном акумулатору омогућава рад независно од напојне мреже.



Слика 3.1.2: Faro Gage мерна рука

3.2 Фаро платинум рука

Ултимативна мерна рука са тачношћу до $\pm 0,005$ mm. FARO Platinum рука из FARO Europe је једна од најпрецизнијих портабл мерних рука. FARO Platinum рука је резултат више од 20 година дугог искуства у развоју и производњи преносивих мерних машина. Са тачношћу од $\pm 0,005$ mm FARO Platinum рука може се користити у областима у којима су се до сада користиле само "традиционалне" мерне машине.

На основу високе прецизности и предности које проистичу из преносивости, примена FARO Platinum руке је исплатива у скоро свакој области истраживања и развоја. Контрола квалитета се уз помоћ FARO Platinum руке може обавити на лицу места. То доноси уштеде у трошковима. Заједно са CAM софтвером конструкциони елементи се могу поредити са CAD подацима. Геометрија се контролише према условима локације и времена у производњи или приликом склапања. Уграђени систем напајања струјом омогућује коришћење руке без екстерног напајања и тиме такође повећава особину преносивости FARO руке. Бројна флексибилна једноставна помоћна средства за причвршћење (адаптерски прстен, монтажна плоча, магнетни учвршћивач, треножац, итд.) представљају подршку интеграцији FARO Platinum руке у процес мерења, омогућавајући брзо и једноставно директно позиционирање FARO руке на делу који треба да се мери.



Слика 3.2.1: Магнетно постоље - учвршћивач

Интерна компензација масе омогућава ергономски рад за корисника. Тастер се води са обе руке. Више није потребно да се са једном руком компензује контратежина руке. Сензори оптерећења у зглобовима упозоравају корисника када су силе, извршене на мерну руку превисоке. На тај начин обезбеђује се тачност мерења. То FARO Platinum руку чини преносивом мерном руком која је у стању да "осећа".

Заједно са софтвером CAM2 из куће FARO спојене су предности једне мерне машине са максималном преносивошћу и флексибилношћу.

У зависности од тачности и других перформанси (тј. ваших потреба), разликујемо 3 типа FARO мерних руку:

- Faro fusion arm
- Faro platinum arm
- Faro quantum arm



Слика 3.2.2: Мерне руке "Quantum", "Platinum" и "Fusion"

3.3 Faro 3D ласер скенер

Веома једноставно, свака FARO рука (Faro Arm) може за пар секунди постати и 3D ласерски скенер. Једноставним додавањем ласерске 3D FARO главе за скенирање на већ постојећу главу за контактнo мерење, добијамо 3D ласерски скенер.

FARO Laser Scan Arm нуди нову димензију рада у областима као што су:

- инспекција
- упоређивање комада са CAD цртежом
- брза израда прототипова (rapid prototyping)
- реверзни инжењеринг (reverse engineering)
- 3D моделирање.

Отворена архитектура FARO скенера даје корисницима велике могућности у избору одговарајућег софтвера.

3.4 PC-DMIS

PC-DMIS је софтверски пакет који је развијен пре више од двадесет година са циљем интегрисања операција конструисања, производње и контроле у један систем. Филозофија која је слеђена приликом развоја овог софтвера је базирана на једноставном принципу који гласи: ако се производ развија коришћењем CAD технологије онда се он мора контролисати коришћењем CAD модела. Данас је та филозофија проширена како би се добила решења за све процесе димензионалних мерења. Коришћењем PC-DMIS-а се веома лако прикупљају и анализирају подаци, који проистичу директно из процеса производње, и конвертују се у информације које се могу користити за корективне активности а на крају се као резултат добија побољшање процеса производње.

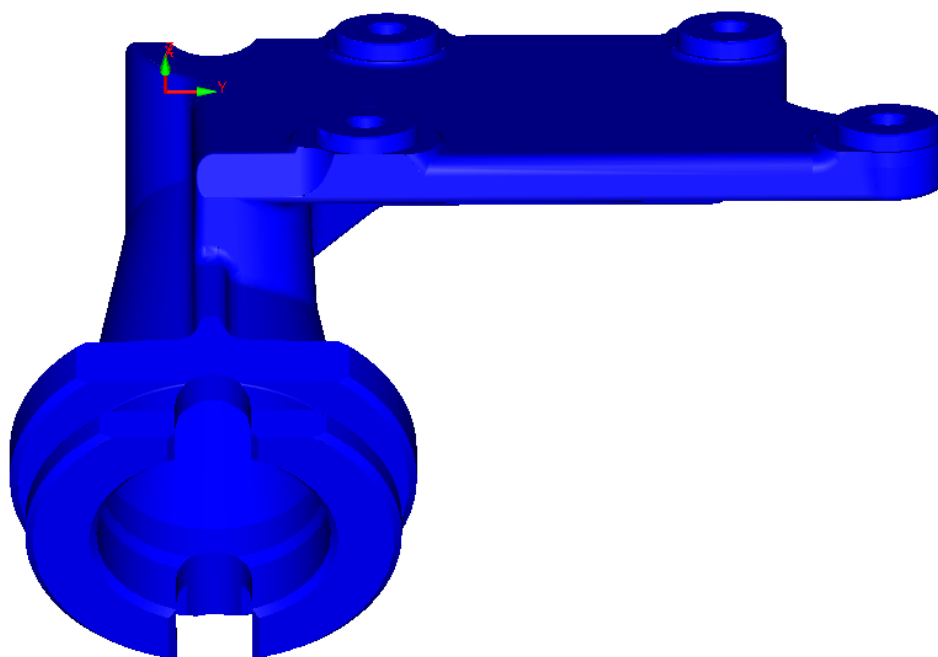
У овом раду ће бити приказан кратак опис рада са PC-DMIS софтвером и кординатном мерном руком Faro. Сврха овог рада је упознавање са основним функцијама софтвера и током рада. Такође, биће детаљно описан пример мерења са свим етапама кроз које је неопходно проћи како би се на крају добио мерни протокол, односно извештај са мерења који је главни излаз из процеса контроле. Етапе које ће бити објашњене обухватају креирање новог парт програма, дефинисање сензора, калибрација сензора, дефинисање погледа, постављање одговарајућих координатних система, мерење фичера, подешавање преференци, додавање коментара, конструисање фичера, димензионисање и на крају егзекуција парт програма, штампање извештаја и његова анализа.

Биће описан процес израде парт програма за мерење дела коришћењем мерне руке Фаро у on-line режиму (режим у коме приликом програмирања постоји директна веза између мерне руке и софтвера).

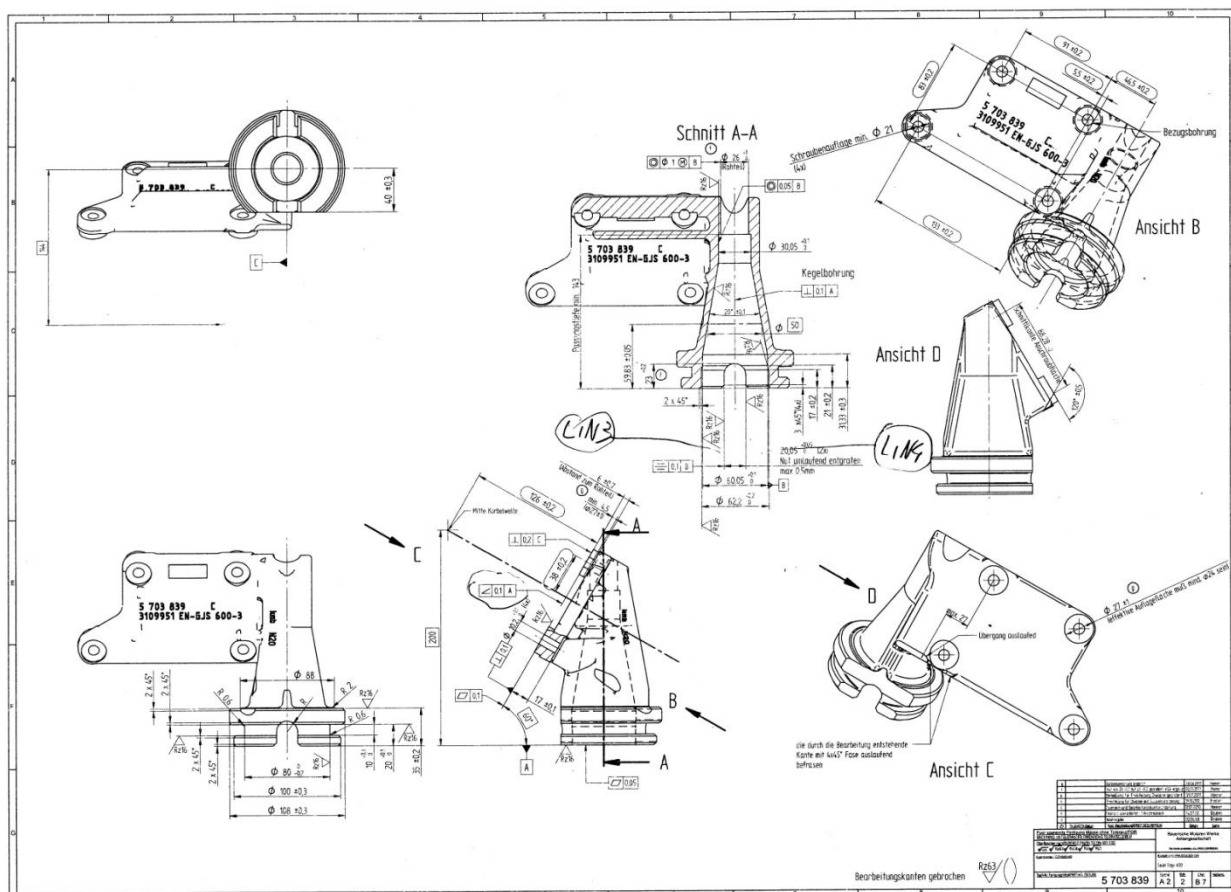
Притом ће бити искоришћен реални машински део за који се поседује CAD модели одговарајући технички цртеж (Слика 3.4.1 и 3.4.2).

Важно је нагласити да уколико се програмирање ради у of-line режиму (у коме нема директне везе мерне руке и софтвера) кораци који се притоме користе одговарају корацима који се користе у on-line режиму са само једном разликом, а то је да се у of-

line режиму уместо директног узимања тачака са дела уместо мерног пипка мерне руке користи лево дугме миша којим се по CAD моделу врши избор на жељеним местима.



Слика 3.4.1: CAD модел



Слика 3.4.2: Технички цртеж

3.5 Означавање толеранција облика и положаја

Приликом израде програма на основу датог цртежа представљене су толеранције које су дате на истом а то су толеранције облика и положаја.

1. Толеранције облика су: правост, равност, кружност, цилиндричност, облик линије, облик површине(слика 3.5.1).

Vrsta tolerancije	Osobina koja se toleriše	Simbol
Tolerancije oblika	Pravost	—
	Ravnost	
	Kružnost	
	Cilindričnost	
	Oblik linije	
	Oblik površine	

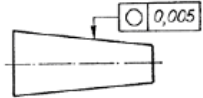
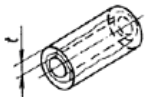
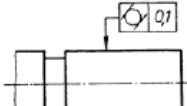
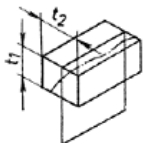
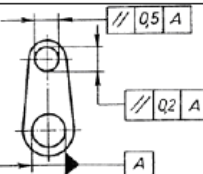
Слика 3.5.1: Толеранције облика

2. Толеранције положаја: толеранције правца, толеранције места, толеранције тачности обртања(слика 3.5.2).

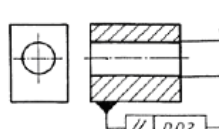
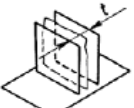
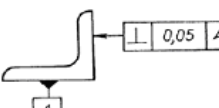
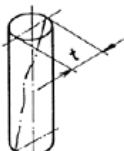
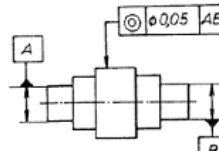
Vrsta tolerancije		Osobina koja se toleriše	Simbol
Tolerancije položaja	Tolerancije pravca	Paralelnost	
		Upravnost	
		Ugao nagiba	
	Tolerancije mesta	Lokacija	
		Koncentričnost i koaksijalnost	
		Simetričnost	
	Tolerancije tačnosti obrtanja	Kružnost obrtanja	
		Ravnost obrtanja	

Слика 3.5.2: Толеранције положаја

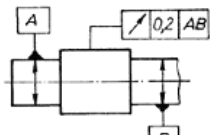
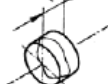
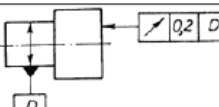
Означавање неких од толеранција дато је на следећим сликама:

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		U svakom poprečnom preseku tolerisana obimna linija mora ležati u kružnom prstenu širine $t=0,005$ mm.
		Tolerisana površina mora ležati između dva koaksijalna cilindra radijalnog rastojanja $t=0,1$ mm.
		Tolerisana osa mora ležati unutar kvadra preseka $t_1 \times t_2 = 0,2 \times 0,5$ mm paralelnog sa referentnom osom A.

Слика 3.5.3: Пример означавања 1

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		Tolerisana osa mora ležati između dveju ravni razmaka $t=0,02$ mm, paralelnih u odnosu na referentnu ravan.
		Tolerisana površina mora ležati između dveju paralelnih ravni razmaka $t=0,05$ mm, upravnih na referentnu površinu A.
		Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0,05$ mm, koaksijalnog sa referentnom osom AB.

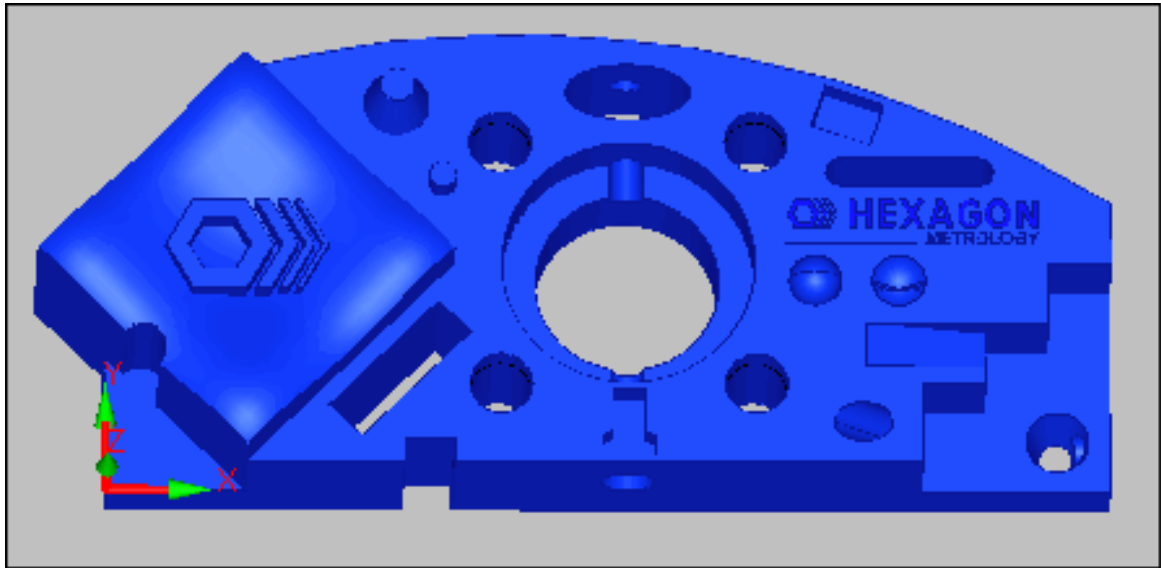
Слика 3.5.4: Пример означавања 2

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		Pri obrtanju oko referentne ose AB, odstupanje od kružnosti obrtanja, u svakoj upravnoj ravni, ne sme da prelazi $t=0,2$ mm.
		Pri obrtanju oko referentne ose D, odstupanje od ravnosti obrtanja, u svakom mernom cilindru, ne sme da prelazi $t=0,2$ mm.

Слика 3.5.5: Пример означавања 3

3.6 Osnovne funkcije PC-DMIS softverskog paketa

U ovom poglavlju će biti opisan proces izrade jednostavnog part programa za merenje dela korišćenjem PC-DMIS u online režimu (režim u kome prilikom programiranja imamo direktnu vezu između merne ruke i softvera). Pri tom će biti iskorišćen realni mašinski deo za koji posedujemo CAD model. Važno je naglasiti da ukoliko se programiranje radi u offline režimu (u kome nema direktne veze merne ruke i softvera) koraci koji se pri tome koriste odgovaraju koracima koji se koriste u online režimu sa samo jednom razlikom, a to je da se u offline režimu umesto direktnog uzimanja tačaka sa dela umesto mernog pipka koristi levo dugme miša kojim se po CAD modelu klikće na željenim mestima.



Слика 3.6.1: CAD модел

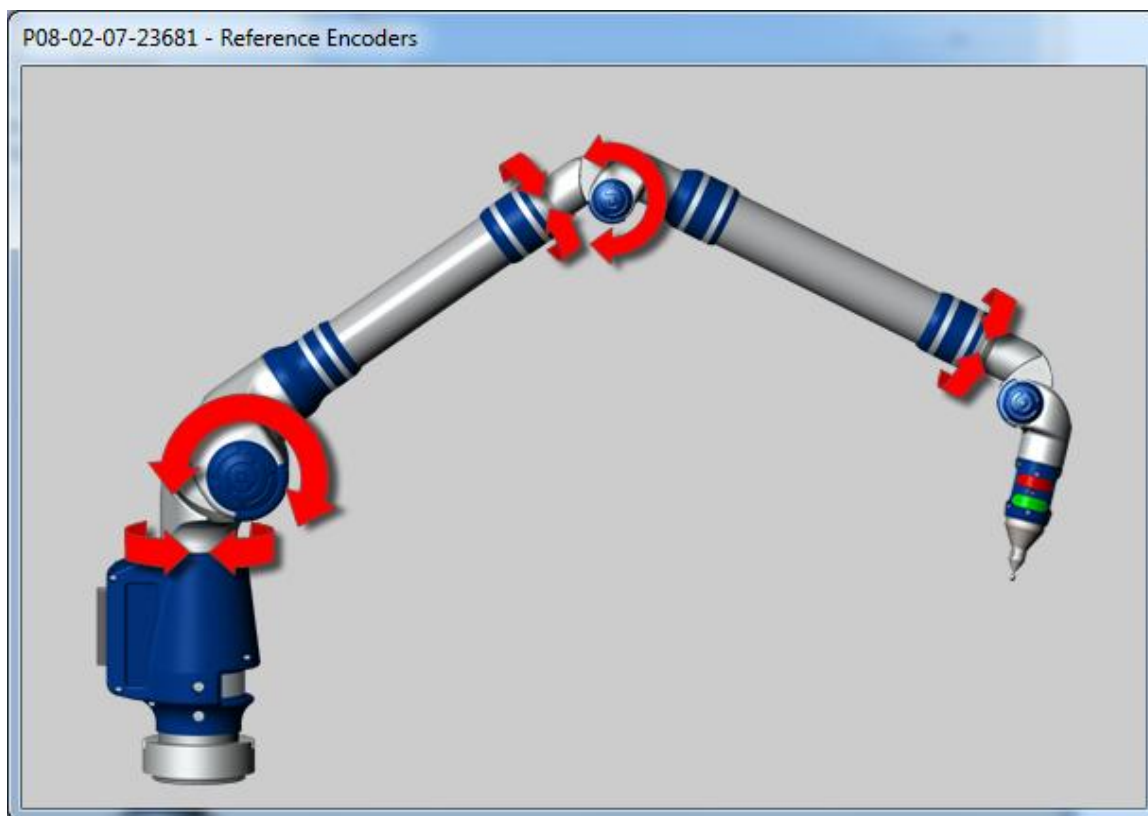
3.7 Калибрација и конфигурисање уређаја

Повежите Faro руку путем USB интерфејса, укључите уређај и покрените PC-DMIS.

Отвара се Reference Encoders дијалог. Црвене стрелице показују да треба извршити ротацију сваког зглоба око своје осе како би ресетовали енкодере. Окрећите руку док се све црвене стрелице не избришу.

Следећи кораци описују како правилно треба ресетовати енкодере.

Десном руком прихватите саму Touch Probe-у, мало изнад зеленог и црвеног тастера, а левом руком први део Faro Arm Platinum руке, одмах после другог зглоба. Левом руком ротирајте Фаро арм у смеру супротном од казаљке, тако да сваки од зглобова изврши потребну ротацију.



Слика 3.7.1: Ресетовање зглобова

3.8 Креирање новог парт програма

Да би се креирао нови парт програм потребно је:

После калибрације аутоматски се отвара прозор за нови парт програм (слика 3.8.1). Уколико се тај прозор не отвори, отвара се мени **File→New** или се то врши комбинацијом тастера **Ctrl+N**.

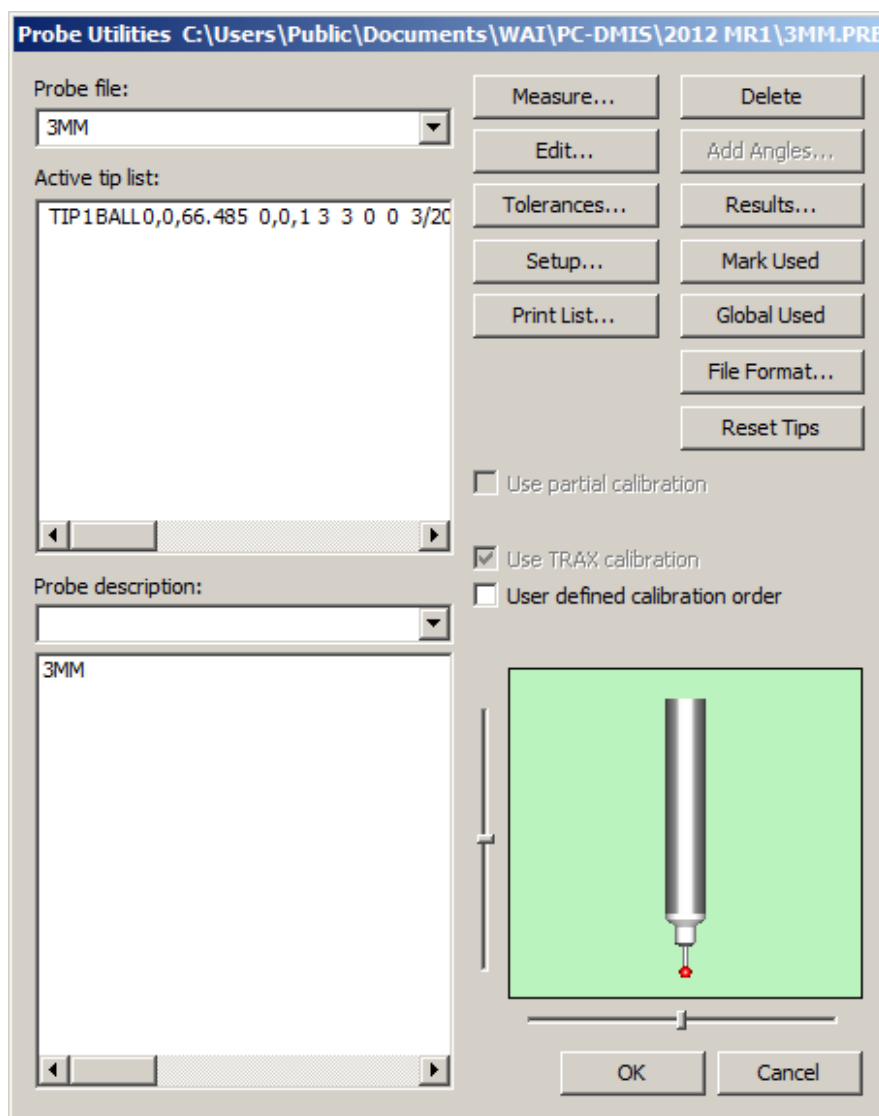
Слика 3.8.1: Прозор за нови парт програм.

1. У пољу **Part name** уноси се име програма.
2. Уписује се **Serial nuber** и **Revision number**.
3. Одређују се јединице мерења (у овом случају у **мм**).
4. Одабира се **ON-LINE** у падајућем менију за **interface**.
5. Избором **OK**, **PC-DMIS** је направио нови парт-програм.

По отварању новог парт програма отвара се главни интерфејс *PC-DMIS* програма и након тога се аутоматски отвара прозор са избором сензора за мерење (**ProbeUtilities**).

3.9 Дефинисање мерног пипка

До активирања дијалога за дефинисање мерног пипка **Probe Utilities**, (слика 3.9.1) долази се тако што се у менију изабере **Incert-Hardware-Probe**, може се изабрати постојећа конфигурација сензора или се може направити нова конфигурација сензора. За дати део који треба измерити користиће се нова конфигурацију сензора неопходних за мерење.



Слика 3.9.1: Дијалог за дефинисање сонде(Probe Utilities).

Probe Description зона дијалога за дефинисање сензора омогућава да дефинишем прирубнице, зглобове, мерне главе, сензоре, додатке, продужетке и мерне пипке које ћу користити у парт програму. **Probe Description** падајући мени приказује листу доступних опција.

Да би се дефинисао мерни пипак помоћу дијалога за дефинисање:

1. У пољу **ProbeFile** уноси се назив сензора. При изради следећег парт програма овај сензор ће бити доступан за избор у падајућем менију.
2. У пољу испод **Probe Description** зоне врши се избор "**No probe defined.**"
3. У пољу **Probe Description** бира се падајући мени и бирам компоненту сензора из листе по редоследу по којим је сензор конфигурисан на CMM-у.
4. Избором на **OK** по завршетку, дијалог за дефинисање сензора (**ProbeUtilities**) се затвара и PC-DMIS се враћа у графички интерфејс.
5. Проверава се да је конфигурисан сензор приказан као активан у **Settings tool baru**-у (слика 3.9.2).



Слика 3.9.2: Settings toolbar

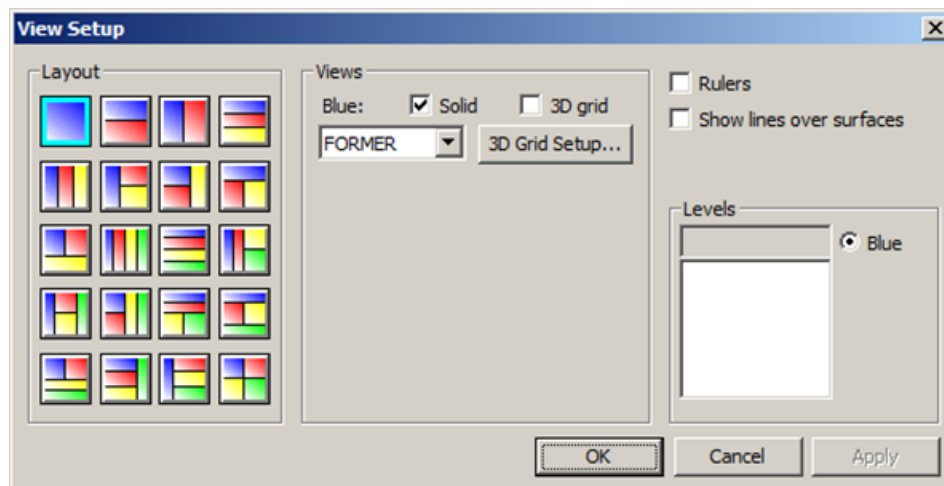
3.10 Подешавање погледа

Подешавање погледа који се приказују у прозору графичког приказа (*Graphics Display Window*) се врши избором иконице **View Setup**  из групе **Graphics Modes toolbar**-a (слика 3.10.1).



Слика 3.10.1: Graphics Modes toolbar

1. Из **View Setup** прозора (слика 3.10.2), одабира се жељени стил графичког приказа. Приликом израде овог рада користиће се прва иконица (горњи ред, прва са лева) која означава цели прозор.
2. Да би поглед дела који се мери био у Z^+ правцу, у падајућем менију се бира Z^+ раван.
3. Након тога коришћењем **Apply** дугмета и **PC-DIMS** ће приказати прозор графичког приказа са задатим погледом. Како још није извршено мерење, неће ништа ни бити приказано у графичком приказу.

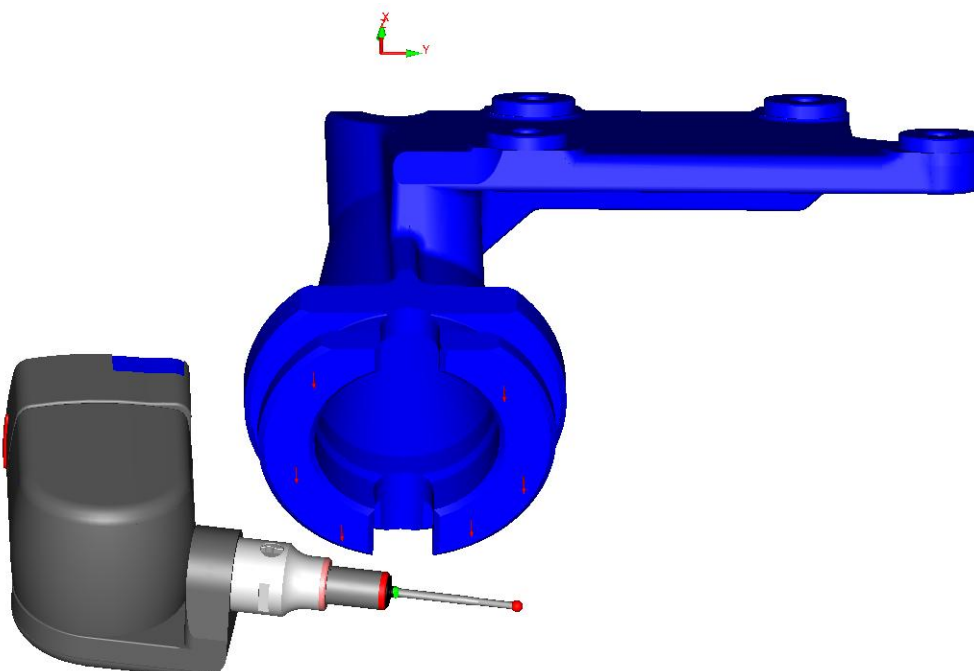


Слика 3.10.2: ViewSetup

3.11 Мерење дела

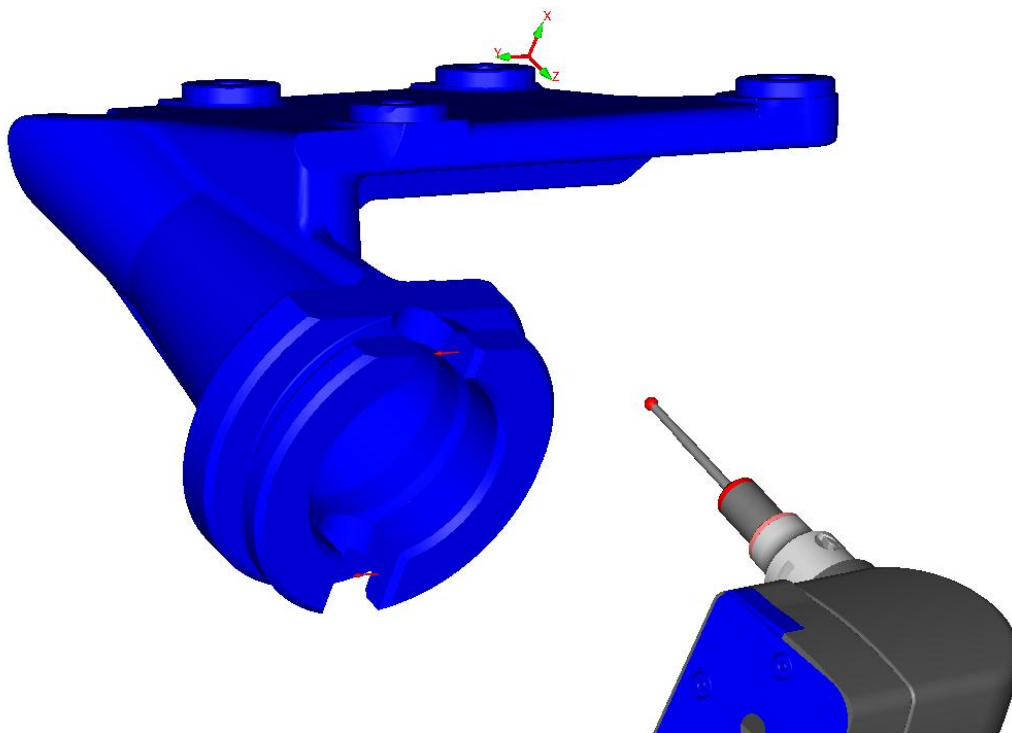
Када је сензор дефинисан и приказан у графичком прозору, може се вршити процес мерења отвора потребних за поравнање (постављање одговарајућег координатног система).

Мерење равни одређује се тако што се из палете алата која је приказана на слици 3.10.1 мишом врши избор иконе  која представља мерни пипак за мерење. По одабиру на самом делу прво се креира раван са шест тачака као што је приказано на слици 3.11.1 црвеним стрелицама. Тачке треба да образују троугао и да буду што даље једна од друге. После мерења шесте тачке на мерној руци притиском на црвени тастер, *PC-DIMS* ће приказати ID (ознаку) и троугао, који означава мерење равни у прозору графичког приказа.



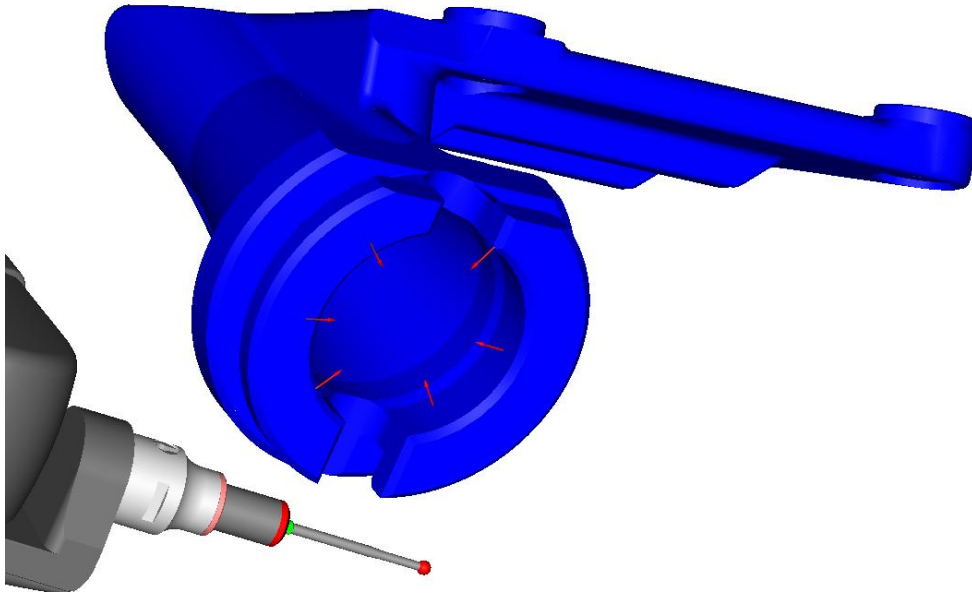
Слика 3.11.1: Мерење равни

Мерење линије - Да би измерио линију потребно је измерити најмање две тачке на унутрашњој бочној површини дела, прва тачка се узима са горње стране дела а другу са доње стране као што је приказано на слици 3.11.2. Редослед мерења тачака одређује смер линије која се мери, смер линије је веома битан јер се информација смера линије користи касније при одређивању смера оса референтног координатног система. После мерења друге тачке, притиском на црвени тастер мерне руке, *PC-DIMS* ће приказати ID (ознаку) и линију, која означава мерење линије у прозору графичког приказа.



Слика 3.11.2: Мерење линије

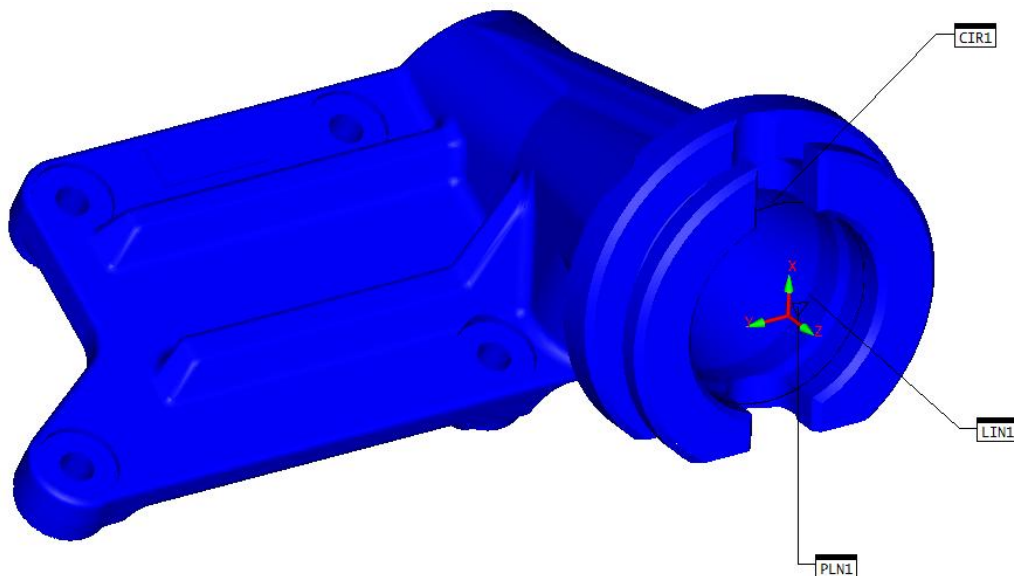
Мерење кружнице се врши померањем сензора до кружнице и узимање најмање три тачке на ободу кружнице (у овом случају шест тачака), као што је приказано на слици 3.11.3. После мерења шесте тачке, притиском црвеног тастера на мерној руци, *PC-DIMS* ће приказати ID (ознаку) и кружницу.



Слика 3.11.3: Мерење кружнице

3.12 Скалирање слике у прозору графичког приказа

После мерења три позиције потребне за поравнање (фичера) потребно је изабрати иконицу  **Scale to Fit** из **Graphics Modes toolbar**-а (слика 3.10.1), да би се приказали у прозору графичког приказа који су креирани (слика 3.12.1).



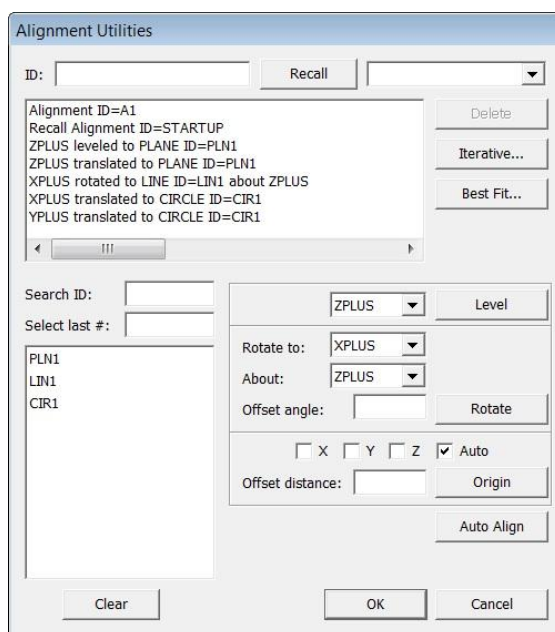
Слика 3.12.1: Графички приказ измерених позиција

3.13 Креирање референтног кординатног система(*alignment*)

Овим поступком дефинише се координатни систем тако што се позиционира на место које је дато самом техничком документацијом (дата је у прилогу).Поступак дефинисања координатног система вршим се на следећи начин:

1. Отвори се дијалог прозор **Alignment Utilities**(слика 3.13.1) користећи падајући мени **Incert | Alignment | New**.
2. Курсором се изабере **ID** равни (**PLN1**) који је лоциран у листи прозора.
3. Командом **Level**, се одређује оријентација нормалне осе тренутне радне равни.
4. Курсором се изабере **ID** равни (**PLN1**).
5. Изабере се опција **Auto check box**.
6. Избором на команду **Origin** се врши translација референтног координатног система тако што се једна његова раван (у овом случају **XY** раван) поклапа са измереном равни (**PLN1**).
7. Курсором се изабере **ID** линије (**LIN1**).
8. Избором на команду **Rotate** се врши ротација оса активне равни у односу на правац линије (у овом случају **X** осе).
9. Курсором се изабере **ID** кружности (**CIR1**).
10. Провери се дали је **Auto check box** и даље активан, ако није поново се изабере.

Избором на команду **Origin** помера се координатни почетак референтног координатног система у центар кружности (**CIR1**) који је пројектован на раван (**PLN1**).



Слика 3.13.1: Alignment Utilities

Када је креирање референтног координатног система завршено, врши се избор иконе **OK**. У **Alignment** листи на **Edit** прозору биће исписани параметри креираног референтног координатног система.

```
A1 ALIGNMENT/START,RECALL:STARTUP,LIST=YES
ALIGNMENT/LEVEL,ZPLUS,PLN1
ALIGNMENT/TRANS,ZPLUS,PLN1
ALIGNMENT/ROTATE,XPLUS,TO,LIN1,ABOUT,ZPLUS
ALIGNMENT/TRANS,XPLUS,CIR1
ALIGNMENT/TRANS,YPLUS,CIR1
ALIGNMENT/END
```

Координатни систем по извршеном програму биће поставњен као и на слици 3.12.1.

3.14 Подешавање преференција

PC-DIMS омогућава прилагођавање да би се задовољиле специфичне потребе или преференце. Постоји доста доступних опција за прилагођавање које се могу наћи у **Edit | Preferences** суб-менију. Приликом израде овог рада користе се неке од њих.

Рад у аутоматском моду (*DCC-Digital Command Mode*) Одабирам DCC режим. Ово се може извести одабиром иконице за DCC моде у **Probe Mode toolbar** (слика 3.14.1).

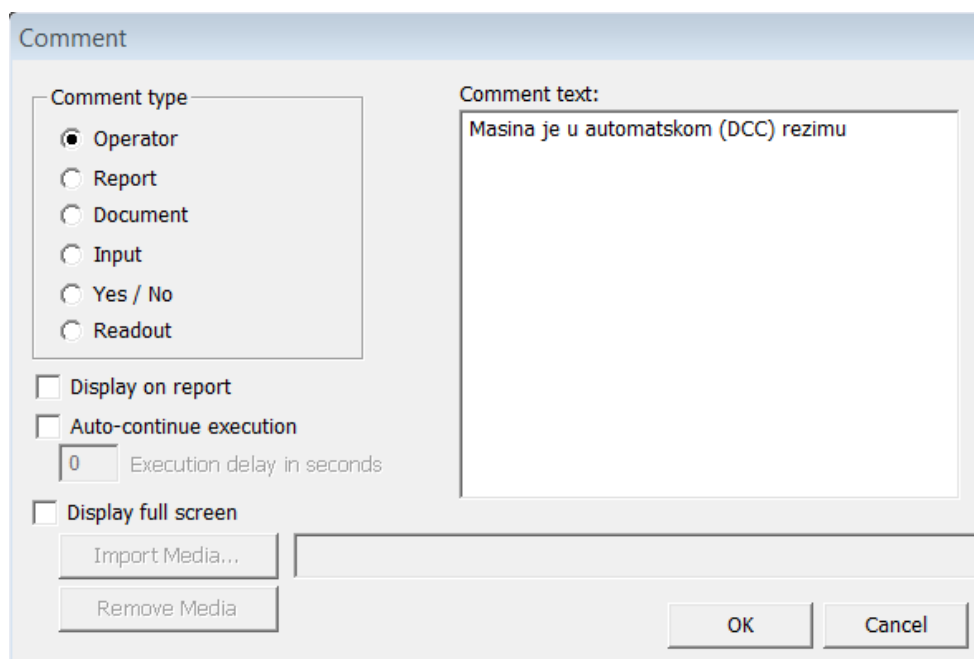


Слика 3.14.1: Probe Mode toolbar

3.15 Додавање коментара

Да би додао коментар који ће дати одређену информацију у току извршења парт програма да следи (*DCC*) протокол потребно је:

1. Изабрати **Comments Dialog box**-а (слика 3.15.1), у падајућем менију се иде на **Incert | Report Command | Comment**.
2. Бира се **Operator** опција.
3. Искуцава се текст у **box**-у: "Машина је у аутоматском (*DCC*) режиму."



Слика 3.15.1: Comments Dialog box

И у самом парт програму добија се *Comment* који је дат на слици 3.15.2.

```
ALIGNMENT/TRANS,YAXIS,CIR1
ALIGNMENT/END
COMMENT/OPER,NO,FULL SCREEN=NO,AUTO-CONTINUE=NO
Masina je u automatskom (DCC) modu
MODE/DCC
CLEARP/ZPLUS,30,ZPLUS,30,ON
MOVESPEED/ 20
TOUCHSPEED/ 2
```

Слика 3.15.2: Comment-исписан у парт програму

3.16 Мерење додатних отвора праћењем техничке документације

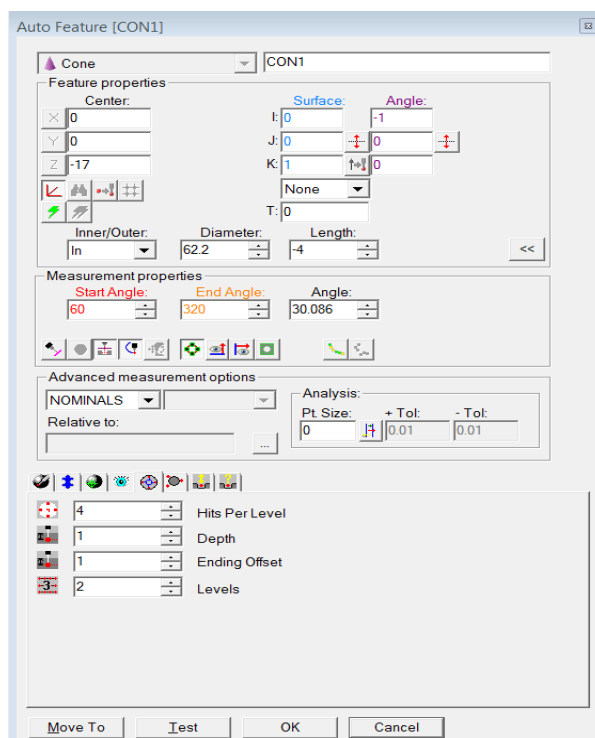
По подешавању параметара машине и парт програма за извршење поравнања датог дела наставља се са мерењем додатних отвора праћењем техничког цртежа.

За мерење конуса, кружнице, равни и осталих тачака датог дела користи се палета алата **Auto Features**(слика 3.16.1).



Слика 3.16.1: Auto features toolbar

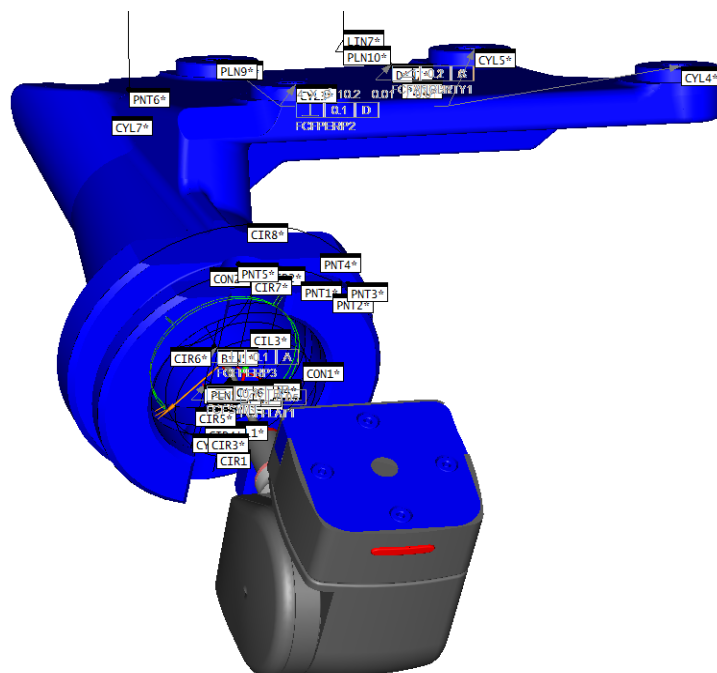
За креирање конуса користи се икона  која се налази у палети алата. Одабиром се отвара следећи **dialog box**(слика 3.16.2).



Слика 3.16.2: Auto feature dialog box

На самом делу који је представљен на слици 3.16.3 добиће се одговарајући вектори који су приказани на истој црвеним стрелицама. Подешавањем параметара у *dialog box*-у као што је и приказано на слици 3.16.2 добиће се следеће:

1. **Hits Per Level**—означава колико тачака се користи у првом нивоу, у овом случају четири.
2. **Depth** – почетну дубину првог нивоа мерења(1)
3. **Ending Offset** – завршну дубину од почетне(1)
4. **Levels** – број нивоа мерења(2)

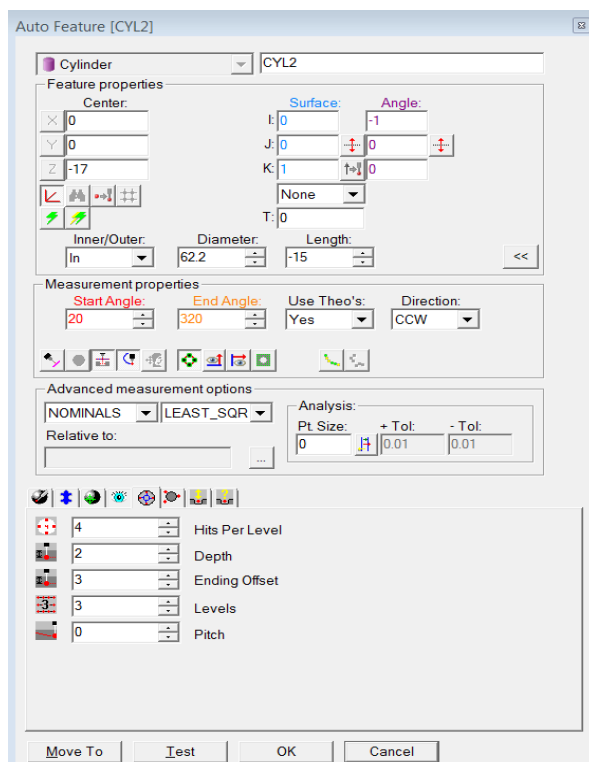


Слика 3.16.3: Мерење конуса (CON1)

3.17 Креирање цилиндра

Да би креирао цилиндар на датом делу користи се иста палета алата **Auto Feature** као

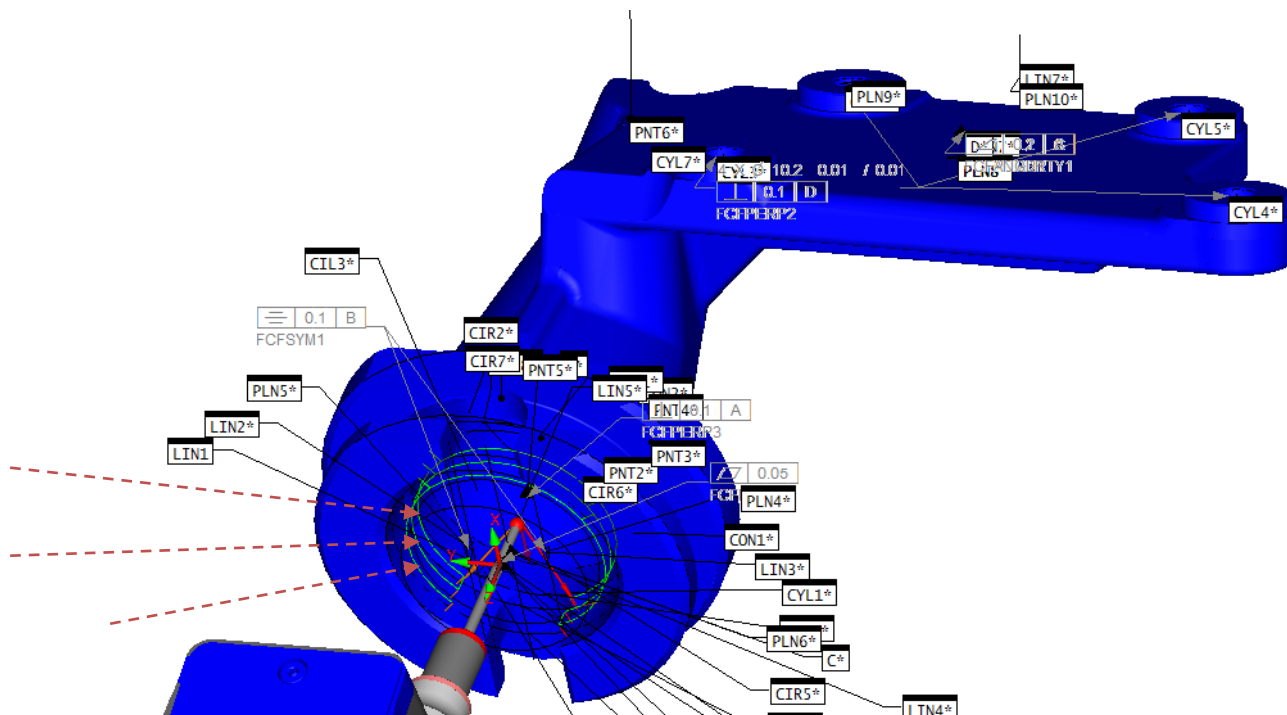
на слици 3.16.1. Одабиром иконице  појавиће се *dialog box* са подешавањима слика 3.17.1.



Слика 3.17.1: Auto Features (CYL2)

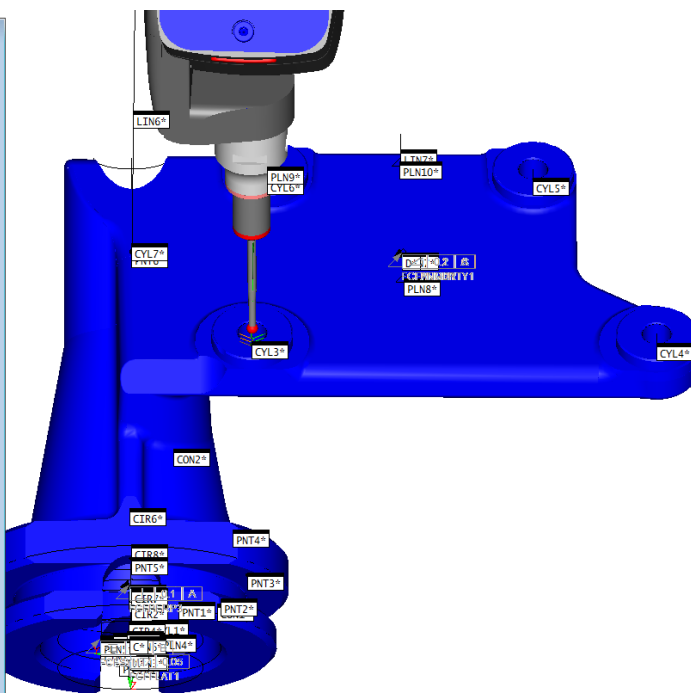
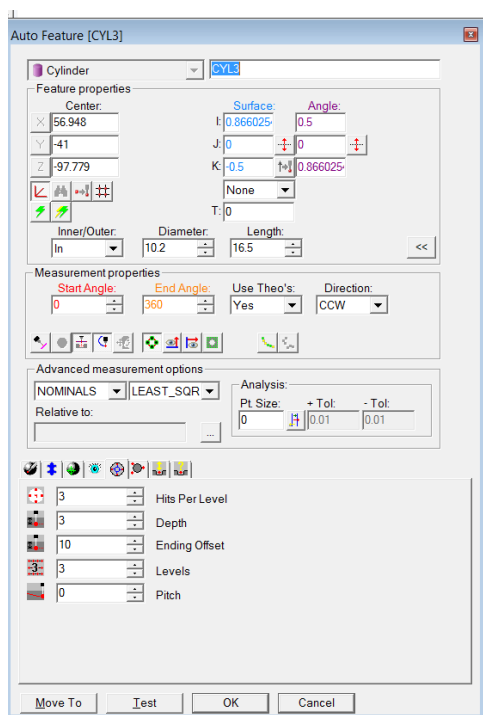
1. **Hits Per Level** – означава број тачака по нивоу кружнице у овом случају четири
2. **Depth** – означава дубину почетног нивоа прилаза мерења(2)
3. **Ending Offset** – означава завршну дубину од почетне(3)
4. **Levels** – означава број нивоа мерења(3)

После подешавања параметара који су дати у **dialog box**-у избором **OK** добија се цилиндар као на (слици 3.17.2) који је приказан означеним стрелицама.

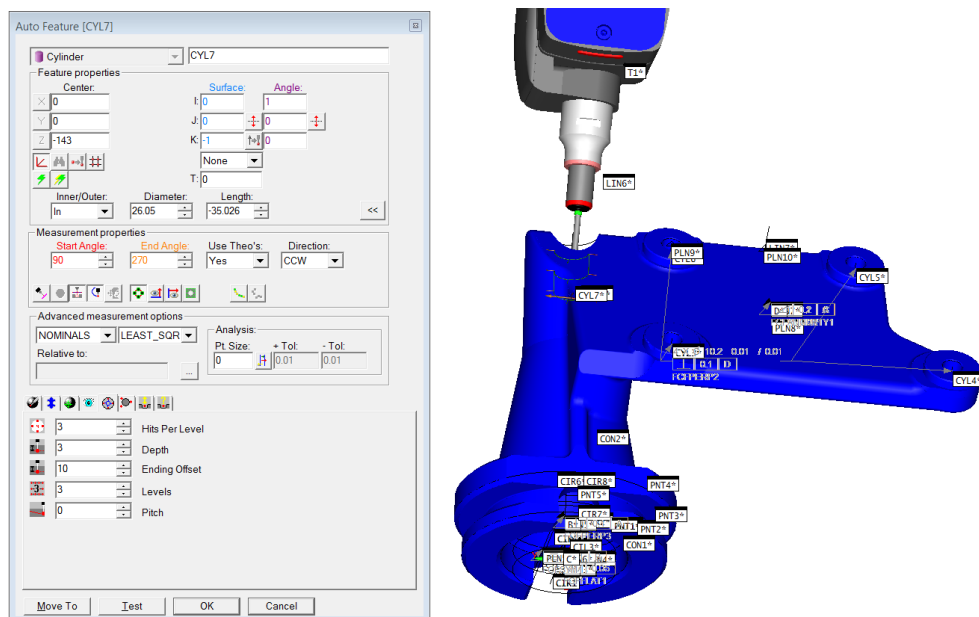


Слика 3.17.2: Мерење цилиндра (CYL2)

На истом принципу мерења креирају се и други цилиндри које треба измерити као што је дато на слици 3.17.3а,3.17.3б.



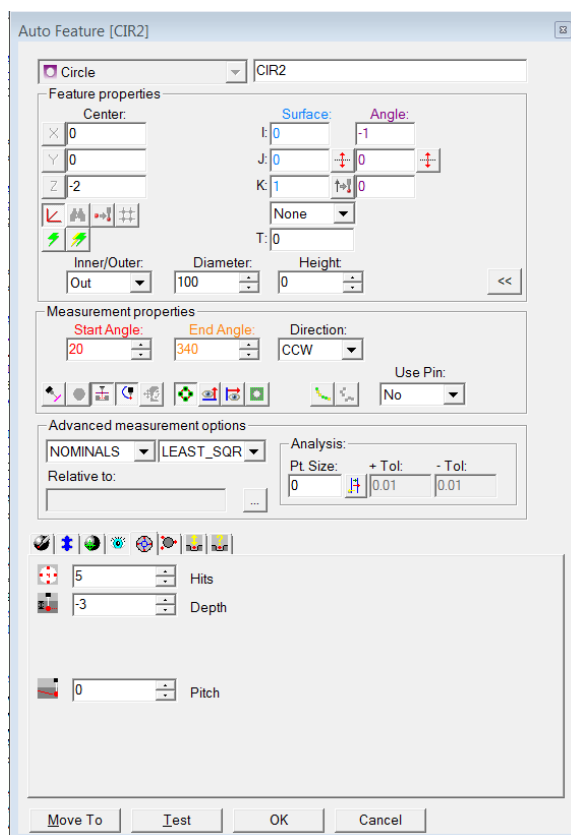
Слика 3.17.3а: Мерење цилиндра (CYL3)



Слика 3.17.36: Мерење цилиндра (CYL7)

3.18 Креирање кружнице

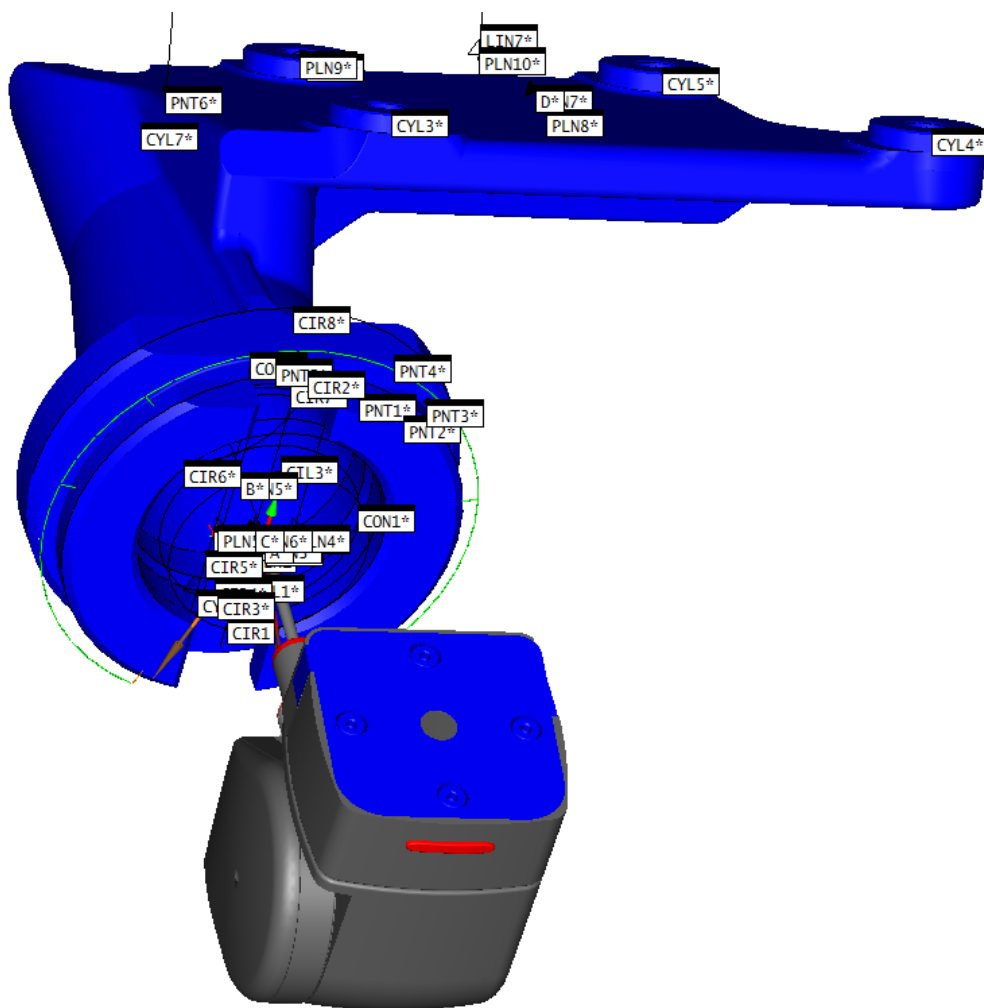
Кружница се креира тако што из палете алата **Auto Feature** одабиром иконе  отвара следећи прозор са параметрима, (слика 3.18.1):



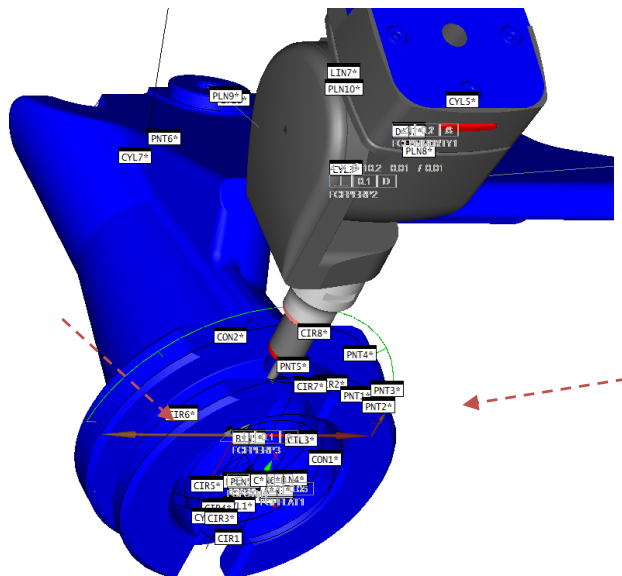
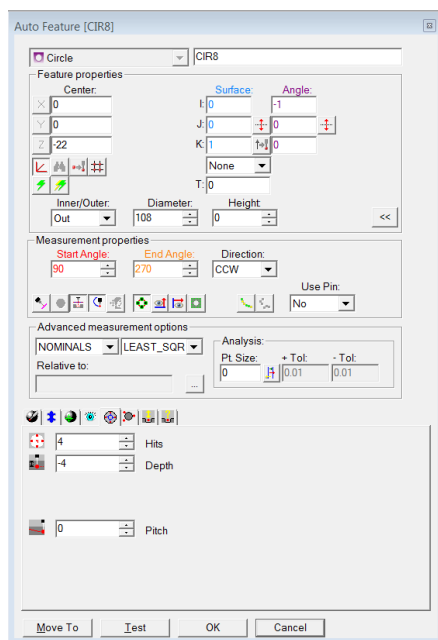
Слика 3.18.1: Auto Features (CIR 2)

Подешавањем следећих вредности биће креирана кружница (*CIR2*) која је дата на (слици 3.18.2a, 3.18.2b) и која образује дати пречник.

1. **Hits** – број тачака за мерење, у овом случају пет
2. **Depth** – дубина вектора од почетне равни(-3)
3. **Diameter** - у овом случају је 100мм који означава пречник кружнице.
4. **Start Angle/End Angle** – означава почетни и крајњи угао вектора(20/340)
5. **Inner/Outer** – означава спољашњи и унутрашњи пречник круга, у овом случају спољашњи(*Out*).



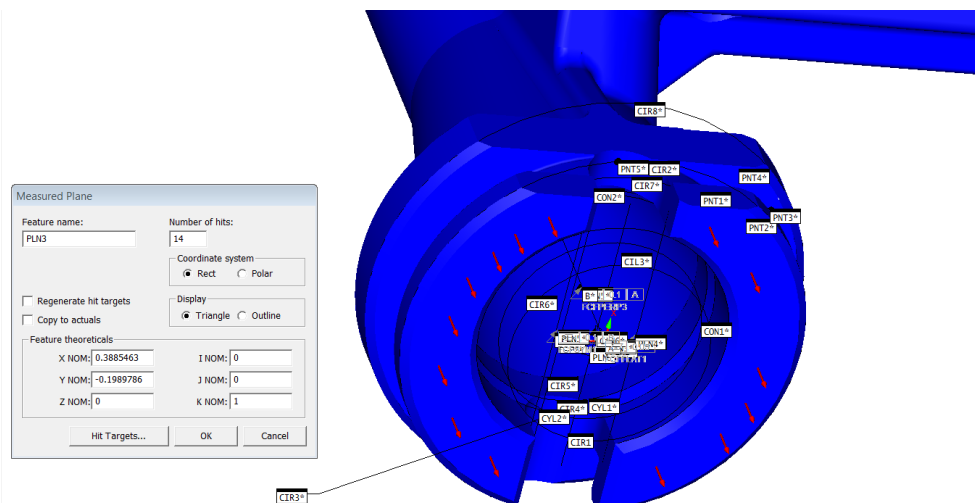
Слика 3.18.2a: Мерење кружнице(*CIR2*)



Слика 3.18.26: Мерење кружнице(CIR8)

3.19 Креирање равни

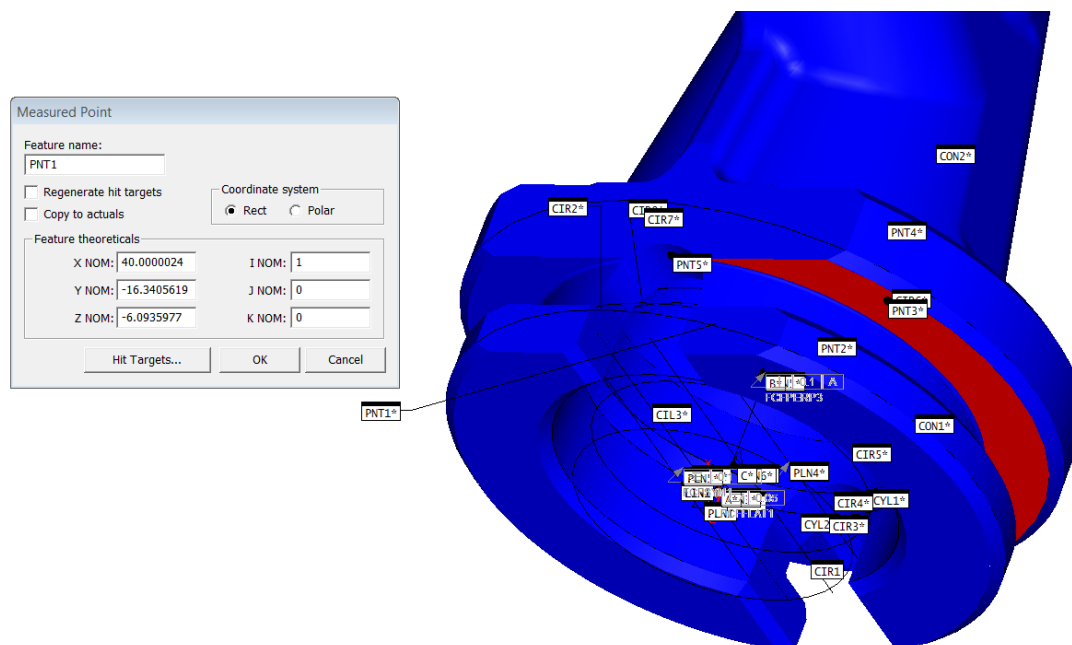
Раван се мери тако што из **Graphics Modes toolbar**-а (слика 3.10.1) бира се иконица која означава мерни пипак. Одабиром површине дела добијају се црвени вектори који при притиском на тастер **End** образује троугао (слика 3.19.1). Пожељно је образовати што више тачака (вектора) за бољу пројекцију равни, у овом случају (PLN1).



Слика 3.19.1: Мерење равни (PLN1)

3.20 Креирање тачке

Мерење тачке одређује се тако што из **Graphics Modes toolbar**-а изабере се иконица  **Vektor point**. Тачке се креирају тамо где су неопходне за одређивање дистанци. Неке од њих су приказане на (слици 3.20.1).



Слика 3.20.1: Мерење тачака(PNT1)

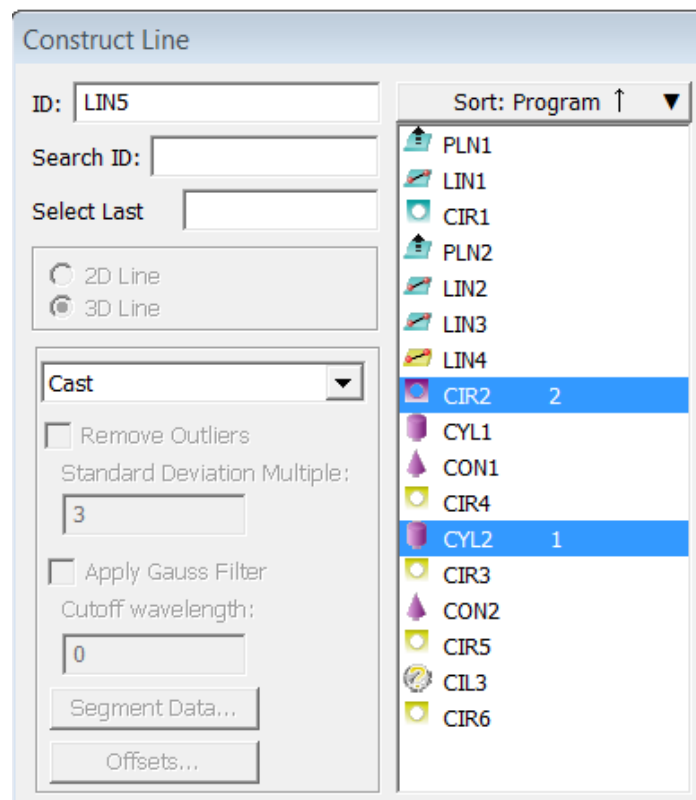
3.21 Конструисање нових равни помоћу постојећих

PC-DIMS може конструисати линије, кружнице, отворе преко већ постојећих измерених. Приликом додатних мерења користи се **Constructed Features toolbar** (слика 3.21.1).



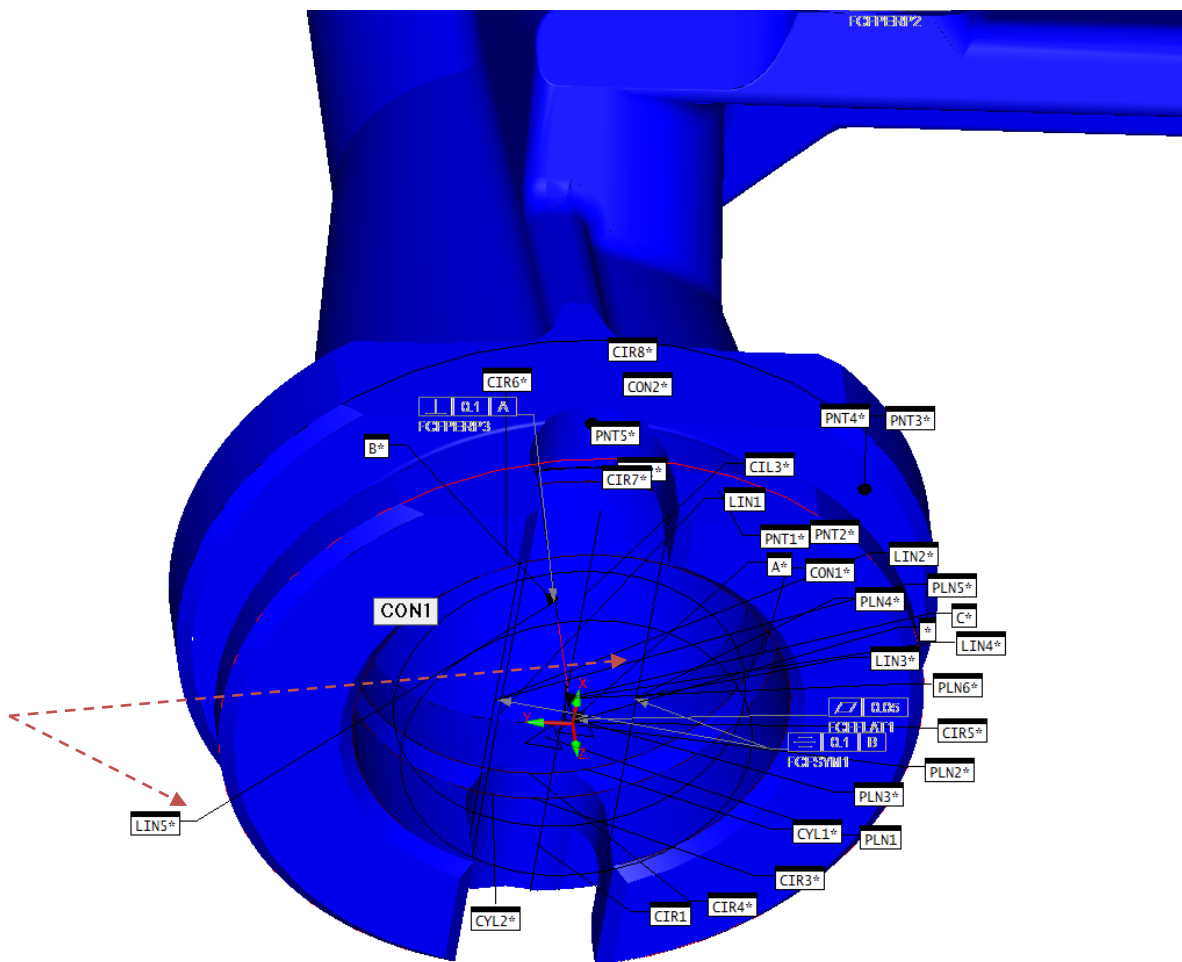
Слика 3.21.1: Constructed Features toolbar

Избором на одговарајуће иконе у зависности од потребе у овом случају конструисање линије , отвара се **Construct Line dialog box** приказан на слици 3.21.2.



Слика 3.21.2: Construct Line dialog box

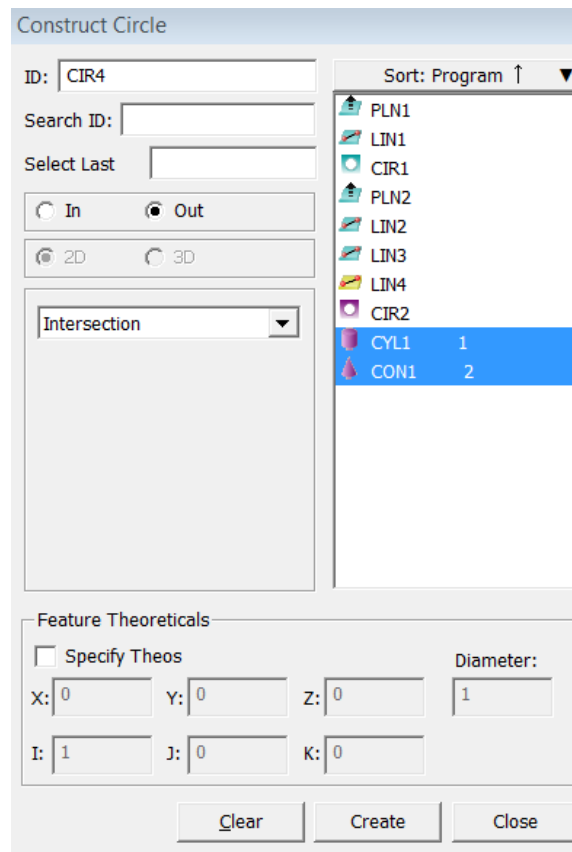
У пољу где су дате одговарајуће већ конструисане вредности одабира се као што је и приказано на (слици 3.21.2), (*CIR2*) и (*CYL2*). Подешава се опција **Cast** и притиском на **Create** дугме креираће се дата линија (*LIN5*) која се налази између круга и цилиндра као што је приказано на слици 3.21.3.



Слика 3.21.3: Конструисање линије(LIN5)

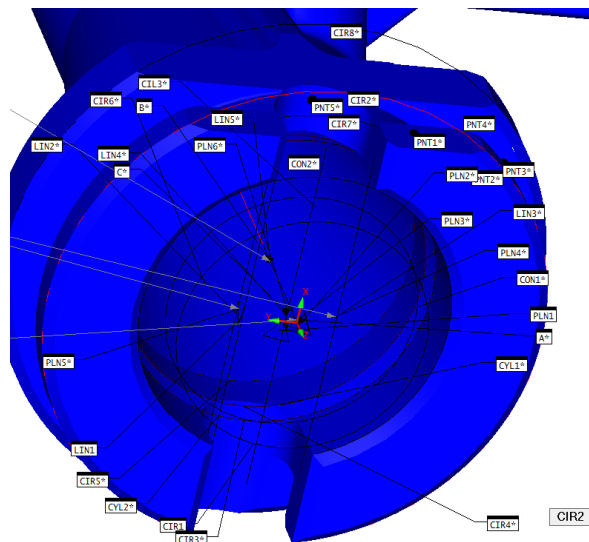
Креирање кружнице помоћу *Constructed Features toolbar*-а се врши:

Одабиром иконе  отвара се **dialog box** (слика 3.21.4). Да би се креирала кружница у листи вредности бира се (*CYL1*) и (*CON1*) које су претходно пројектоване. Избором опције **Out** и **2D** подешавајући опције **Intersection** која означава пресек између ове две пројектоване вредности. Затим се иде **Create**.



Слика 3.21.4: Construct Circle dialog box

Приказ пројектоване кружнице је дат на слици 3.21.5.



Слика 3.21.5 Креирање кружнице(CIR4)

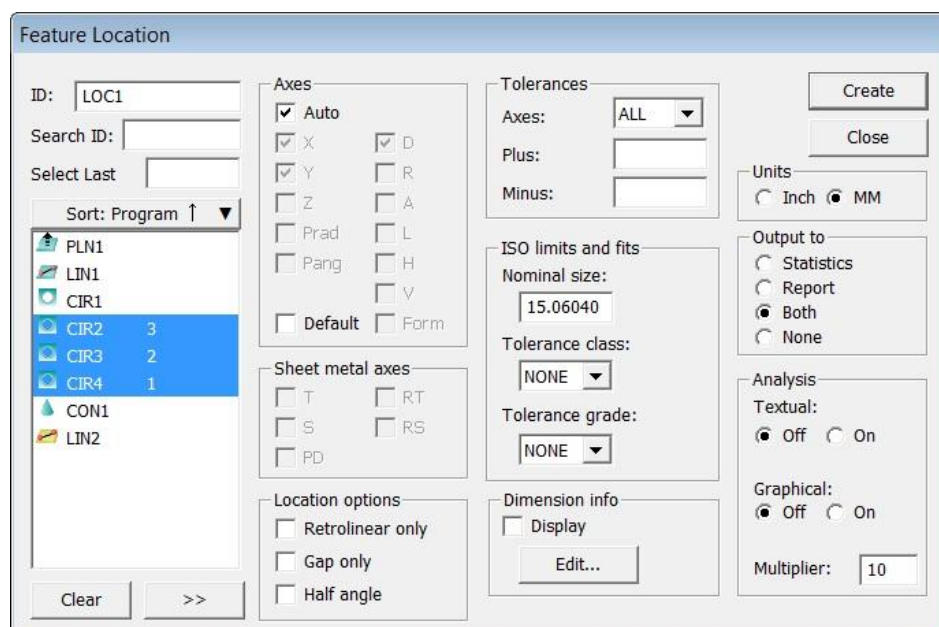
3.22 Димензионисање

Када су сви отвори измерени или конструисани, њихове димензије се могу прорачунати. За прорачунавање димензија је потребно:

1. У менију ићи на **Insert | Dimension** подмени и проверити да ли је означен **Use Legacy Dimension**.
2. У истом менију иде се на **Location**, или у **Dimenson toolbar**-у (слика 3.22.1) и избором на икону  отвара се следећи прозор (слика 3.22.2).
3. Отвара се **Feature Location** прозор у коме се одабира (ID) ознака са измереним вредностима.

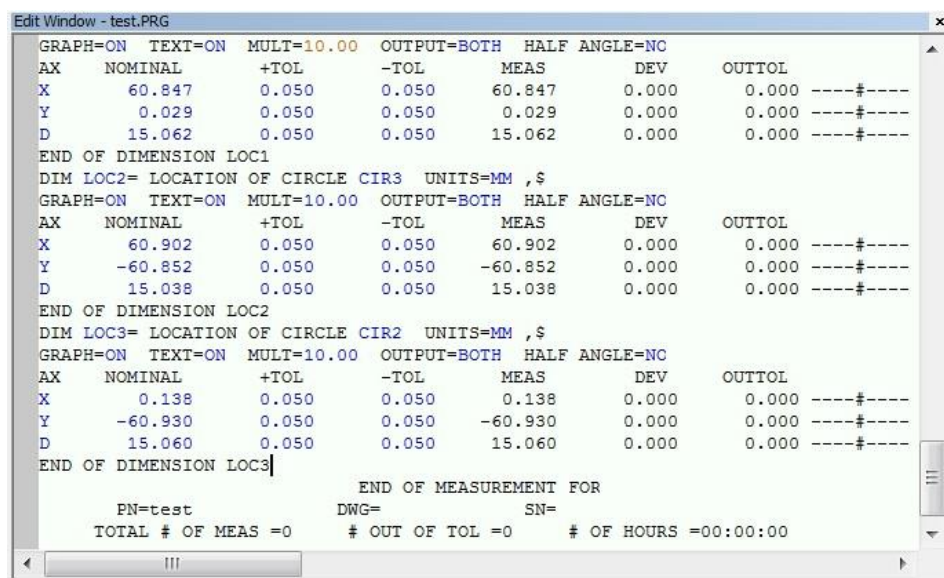


Слика 3.22.1: Dimension toolbar



Слика 3.22.2 Feature Location прозор.

4. Када означимо одређене (ID) вредности и параметре за приказивање оса иде се на **Create** дугме. Сам програм тачније **PC-DMIS** ће у **Edit** прозору (слика 3.22.3) приказати следеће вредности.



Слика 3.22.3: Edit прозор после прорачунавања неких од димензија

Одређене номиналне вредности прорачунатих димензија које су дате у **Edit** прозору могу се изменити једноставним избором на исту и укуцавањем нове вредности. За све остале димензије сходно задатом мерењу користе се и друге иконе дате у **Dimenson toolbar**-у.

4.0 Парт програм и подешавање извештаја мерења

По завршетку креирања програма, постављања свих задатих мера и толеранција које су дате на техничком цртежу, добиће се парт програм који је представљен у даљем тексту.

PART NAME : Merenje FARO rukom

REV NUMBER :

SER NUMBER :

STATS COUNT : 1

STARTUP =ALIGNMENT/START,RECALL:USE_PART_SETUP,LIST=YES

ALIGNMENT/END

MODE/MANUAL

SCANSPEED/50

FORMAT/TEXT,OPTIONS, ,HEADINGS,SYMBOLS, ;NOM,TOL,MEAS,DEV,OUTTOL, ,

LOADPROBE/6MM

TIP/TIP1, SHANKIJK=0, 0, 1, ANGLE=0

PLN1 =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE

THEO/<-140.625,13.008,-32.361>,<0,0,-1>

ACTL/<638.187,189.548,-147.753>,<0.0603961,0.2035061,-0.9772091>

MEAS/PLANE,4

HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.002,<-102.954,-9.56,-32.361>,<0,0,-1>,<664.558,219.276,-139.93>,USE

THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<-174.706,-9.271,-32.361>,<0,0,-1>,<673.586,171.874,-149.248>,USE

THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.002,<-177.02,32.195,-32.361>,<0,0,-1>,<614.437,160.542,-155.259>,USE

THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<-107.82,38.669,-32.361>,<0,0,-1>,<600.166,206.498,-146.575>,USE

THEO=YES

ENDMEAS/

A1 =ALIGNMENT/START,RECALL:STARTUP,LIST=YES

ALIGNMENT/LEVEL,ZPLUS,PLN1

ALIGNMENT/TRANS,ZAXIS,PLN1

ALIGNMENT/END

LIN1 =FEAT/LINE,CARTESIAN,UNBOUNDED

THEO/<-183.469,0.288,-5.304>,<0.9999239,-0.012335,0>

ACTL/<638.935,-116.838,-4.274>,<-0.062067,-0.998072,0>

MEAS/LINE,2,ZPLUS

HIT/BASIC,NORMAL,<-183.469,0.288,-6.303>,<-0.012335,-0.9999239,0>,<638.935,-116.838,-

5.122>,USE THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,<-104.379,-0.688,-4.306>,<-0.012335,-0.9999239,0>,<634.328,-190.918,-

3.427>,USE THEO=YES

ENDMEAS/

A2 =ALIGNMENT/START,RECALL:A1,LIST=YES

ALIGNMENT/ROTATE,XPLUS,TO,LIN1,ABOUT,ZPLUS

ALIGNMENT/END

CIR1 =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR

THEO/<-141,-12,-9.226>,<0,0,1>,62.2

ACTL/<116.335,634.862,-6.833>,<0,0,1>,62.254

MEAS/CIRCLE,5,ZPLUS

HIT/BASIC,NORMAL,D=0.004,<-166.518,5.778,-7.877>,<0.8205055,-

0.5716387,0>,<92.286,654.631,-8.313>,USE THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.002,<-136.279,18.74,-9.155>,<-0.151785,-

0.9884135,0>,<103.567,663.248,-6.913>,USE THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<-162.927,-34.055,-9.45>,<0.7050474,0.7091602,0>,<134.92,659.83,-

4.043>,USE THEO=YES

HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.004,<-136.853,-42.822,-11.174>,<-

0.1333419,0.9910701,0>,<93.549,613.662,-7.709>,USE THEO=YES

```

      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.003,<-120.202,11.123,-8.473>,<-0.6687413,-
0.7434952,0>,<120.137,603.965,-7.186>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
A3      =ALIGNMENT/START,RECALL:A2,LIST=YES
      ALIGNMENT/TRANS,XAXIS,CIR1
      ALIGNMENT/TRANS,YAXIS,CIR1
      ALIGNMENT/END
PLN2     =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<0.315,11.53,0>,<0,0,1>
      ACTL/<-1.93,8.92,-0.007>,<0.000029,-0.0001407,1>
      MEAS/PLANE,6
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<34.724,23.977,0>,<0,0,1>,<32.345,25.018,-0.007>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<0.66,36.946,0>,<0,0,1>,<14.211,38.658,-0.002>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<-22.023,-29.64,0>,<0,0,1>,<-14.75,35.892,-0.004>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0,<32.635,-18.965,0>,<0,0,1>,<-30.744,22.227,-0.004>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0,<-11.114,37.967,0>,<0,0,1>,<-25.505,-30.541,-0.012>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0,<-32.991,18.893,0>,<0,0,1>,<12.861,-37.734,-0.014>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
CIR2     =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
      THEO/<0.636,-0.386,-4.572>,<0,0,1>,62.2
      ACTL/<0.015,0.014,-7.364>,<0,0,1>,62.276
      MEAS/CIRCLE,6,ZPLUS
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.008,<-4.008,30.841,-3.82>,<0.1437635,-0.9896121,0>,<-26.158,16.9,-
8.048>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.009,<-27.843,13.855,-5.347>,<0.8945746,-0.4469187,0>,<-
12.806,28.381,-8.432>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.001,<25.7,17.514,-4.5>,<-0.8163639,-0.5775379,0>,<9.467,29.684,-
7.668>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<-28.196,-13.123,-7.697>,<0.9132355,0.407432,0>,<21.27,22.772,-
5.829>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.003,<-7.084,-30.283,-6.068>,<0.2455648,0.9693802,0>,<-21.82,-22.181,-
5.679>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.001,<29.024,-15.914,0>,<-0.8772394,0.4800532,0>,<-1.557,-31.084,-
8.525>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
CYL1     =FEAT/CYLINDER,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
      THEO/<1.403,-1.018,19.156>,<0.8186811,0.3080854,-0.4846077>,60.05,34.037
      ACTL/<0.014,0.01,-25.082>,<0.072638,-0.0510161,-0.9960527>,60.074,3.411
      MEAS/CYLINDER,8
      HIT/BASIC,NORMAL,<-38.789,11.99,-20>,<0.565198,-0.2830662,0.7748708>,<12.014,27.553,-
24.469>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-18.504,36.138,-20>,<0.5645278,-0.5864058,0.5808929>,<-3.348,29.869,-
25.823>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-36.261,-18.263,-20>,<0.4347982,0.2186962,0.8735688>,<-21.95,20.526,-
26.022>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<2.427,-40.527,-20>,<0.0960808,0.7585139,0.6445348>,<-29.486,5.763,-
26.55>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-1.876,-29.966,-28.453>,<0.2306468,0.5964229,0.7688184>,<-24.848,-
16.859,-24.465>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-23.794,-18.313,-31.33>,<0.4062544,0.2857028,0.8679466>,<-8.367,-28.854,-
24.945>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-30.025,0.025,-23>,<0.5224579,-0.049375,0.8512343>,<3.293,-29.873,-
25.025>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,<-16.041,25.381,-28.548>,<0.5732528,-0.38879,0.7212653>,<17.143,-24.707,-
23.959>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
CIR3     =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,LEAST_SQR
      THEO/<0,0,-26.315>,<0,0,1>,108,0
      ACTL/<0.049,0.02,-26.781>,<0,0,1>,108.078,0
      MEAS/CIRCLE,5,ZPLUS

```

```

      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.008,<-3.193,-53.906,-25.151>,<-0.0591214,-
0.9982508,0>,<36.395,40.019,-27.091>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0,<9.792,-53.105,-28.561>,<0.1813302,-0.9834223,0>,<16.951,51.347,-
26.98>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.006,<23.124,-48.798,-25.527>,<0.4282301,-0.9036697,0>,<-
27.147,46.71,-26.328>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.017,<33.342,-42.477,-26.595>,<0.6174416,-0.7866167,0>,<24.382,-
48.212,-26.954>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.015,<39.312,-37.021,-25.74>,<0.7279954,-0.685582,0>,<-1.135,-54.022,-
26.553>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
CIR4    =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,LEAST_SQR
      THEO/<0,0,-14.545>,<0,0,1>,80,0
      ACTL/<-0.005,0.009,-24.703>,<0,0,1>,48.082,0
      MEAS/CIRCLE,5,ZPLUS
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.005,<-4.862,-39.703,-14.013>,<-0.1215606,-0.992584,0>,<1.753,-23.973,-
25.25>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.008,<6.772,-39.423,-14.789>,<0.1693081,-0.9855632,0>,<-14.952,-
18.81,-25.607>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<23.096,-32.658,-14.546>,<0.5774101,-0.8164543,0>,<-23.174,-
6.414,-25.209>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.006,<29.617,-26.885,-15.477>,<0.7404285,-0.6721352,0>,<-21.25,11.273,-
24.392>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.004,<35.696,-18.05,-13.898>,<0.8923913,-0.4512623,0>,<-8.368,22.543,-
23.058>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
CIR5    =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,LEAST_SQR
      THEO/<0,0,-4.899>,<0,0,1>,100,0
      ACTL/<-0.021,0.029,-5.042>,<0,0,1>,100.054,0
      MEAS/CIRCLE,5,ZPLUS
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.006,<-8.829,-49.214,-5.139>,<-0.1765724,-0.9842877,0>,<34.472,-
36.196,-5.714>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.003,<3.901,-49.848,-4.404>,<0.0780173,-0.996952,0>,<12.501,-48.408,-
5.64>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.004,<21.456,-45.162,-6.035>,<0.4291257,-0.9032448,0>,<-23.21,-44.303,-
5.428>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.013,<30.897,-39.311,-4.602>,<0.6179404,-0.7862249,0>,<-15.92,47.449,-
3.71>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.013,<36.893,-33.748,-4.315>,<0.7378521,-0.6749624,0>,<5.549,49.758,-
4.718>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PNT1    =FEAT/POINT,CARTESIAN
      THEO/<34.941,-30.02,-10>,<0,0,-1>
      ACTL/<31.066,-33.453,-9.875>,<0,0,-1>
      MEAS/POINT,1
      HIT/BASIC,NORMAL,<34.941,-30.02,-10>,<0,0,-1>,<31.066,-33.453,-9.875>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PNT2    =FEAT/POINT,CARTESIAN
      THEO/<30.472,-38.752,-20>,<0,0,1>
      ACTL/<25.397,-39.335,-20.039>,<0,0,1>
      MEAS/POINT,1
      HIT/BASIC,NORMAL,<30.472,-38.752,-20>,<0,0,1>,<25.397,-39.335,-20.039>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PNT3    =FEAT/POINT,CARTESIAN
      THEO/<20.568,43.632,-35>,<0,0,-1>
      ACTL/<29.176,36.793,-34.55>,<0,0,-1>
      MEAS/POINT,1
      HIT/BASIC,NORMAL,<20.568,43.632,-35>,<0,0,-1>,<29.176,36.793,-34.55>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PNT4    =FEAT/POINT,CARTESIAN

```

```

      THEO/<40,-13.953,-23.304>,<1,0,0>
      ACTL/<39.737,-17.556,-33.673>,<1,0,0>
      MEAS/POINT,1
      HIT/BASIC,NORMAL,<40,-13.953,-23.304>,<1,0,0>,<39.737,-17.556,-33.673>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PLN3   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<-39.241,10.025,-5.719>,<0,-1,0>
      ACTL/<-37.685,10.049,-6.688>,<-0.0010388,-0.9999803,-0.0061938>
      MEAS/PLANE,4
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<-47.215,10.025,-4.115>,<0,-1,0>,<-45.83,10.048,-5.682>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.003,<-43.793,10.025,-7.851>,<0,-1,0>,<-43.189,10.068,-8.484>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<-33.811,10.025,-8.457>,<0,-1,0>,<-31.21,10.055,-9.052>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<-32.146,10.025,-2.454>,<0,-1,0>,<-30.511,10.023,-3.534>,USE
      THEO=YES
      ENDMEAS/
PLN4   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<-37.931,-10.025,-5.87>,<0,1,0>
      ACTL/<-37.845,-10.045,-5.248>,<0.0058583,0.9998614,0.0155828>
      MEAS/PLANE,4
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.015,<-44.598,-10.025,-3.298>,<0,1,0>,<-43.945,-10.015,-3.944>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.018,<-43.25,-10.025,-8.14>,<0,1,0>,<-41.5,-10.003,-7.702>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.012,<-32.798,-10.025,-7.663>,<0,1,0>,<-32.573,-10.025,-7.745>,USE
      THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.009,<-31.077,-10.025,-4.377>,<0,1,0>,<-33.362,-10.137,-1.602>,USE
      THEO=YES
      ENDMEAS/
PLN5   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<52.416,-40.191,-97.229>,<0.8660254,0,-0.5>
      ACTL/<51.244,-42.392,-98.69>,<0.8674455,-0.002443,-0.4975263>
      MEAS/PLANE,4
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<56.39,-25.672,-90.344>,<0.8660254,0,-0.5>,<54.905,-23.411,-
92.399>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<47.731,-28.905,-105.343>,<0.8660254,0,-0.5>,<45.308,-36.183,-
109.075>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.003,<46.964,-51.795,-106.671>,<0.8660254,0,-0.5>,<47.782,-54.191,-
104.664>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<58.577,-54.39,-86.558>,<0.8660254,0,-0.5>,<56.983,-55.784,-
88.623>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PLN6   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<58.405,-40.123,-96.255>,<0.8660254,0,-0.5>
      ACTL/<57.191,-41.96,-97.864>,<0.8672895,-0.0024284,-0.4977981>
      MEAS/PLANE,4
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.001,<57.753,-31.437,-97.385>,<0.8660254,0,-0.5>,<59.949,-49.977,-
93.021>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<53.756,-43.231,-104.308>,<0.8660254,0,-0.5>,<60.379,-37.209,-
92.331>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=0.001,<61.185,-50.853,-91.44>,<0.8660254,0,-0.5>,<54.751,-33.492,-
102.157>,USE THEO=YES
      HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.001,<60.927,-34.97,-91.886>,<0.8660254,0,-0.5>,<53.684,-47.163,-
103.948>,USE THEO=YES
      ENDMEAS/
PLN7   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
      THEO/<57.554,-177.065,-97.729>,<0.8660254,0,-0.5>
      ACTL/<57.724,-179.005,-96.092>,<0.8701286,-0.0041803,-0.4928071>

```

```

    MEAS/PLANE,4
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.003,<58.294,-169.375,-96.447>,<0.8660254,0,-0.5>,<59.539,-168.892,-
92.968>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.003,<62.359,-181.177,-89.406>,<0.8660254,0,-0.5>,<62.406,-184.59,-
87.784>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.003,<54.166,-186.173,-103.597>,<0.8660254,0,-0.5>,<55.813,-188.278,-
99.381>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.003,<55.396,-171.536,-101.466>,<0.8660254,0,-0.5>,<53.14,-174.261,-
104.233>,USE THEO=YES
    ENDMEAS/
PLN8    =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
    THEO/<15.757,-139.495,-170.123>,<0.8660254,0,-0.5>
    ACTL/<14.89,-137.039,-171.149>,<0.8676856,-0.0024834,-0.4971072>
    MEAS/PLANE,4
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.012,<19.085,-143.745,-164.359>,<0.8660254,0,-0.5>,<15.307,-147.416,-
170.344>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.012,<15.87,-128.571,-169.927>,<0.8660254,0,-0.5>,<19.64,-136.017,-
162.885>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.013,<11.064,-138.516,-178.252>,<0.8660254,0,-0.5>,<14.139,-126.816,-
172.485>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.013,<17.009,-147.15,-167.955>,<0.8660254,0,-0.5>,<10.473,-137.909,-
178.88>,USE THEO=YES
    ENDMEAS/
PLN9    =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
    THEO/<15.579,-47.546,-170.431>,<0.8660254,0,-0.5>
    ACTL/<15.897,-45.829,-169.78>,<0.8661438,-0.0029541,-0.4997861>
    MEAS/PLANE,4
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.002,<16.638,-55.291,-168.597>,<0.8660254,0,-0.5>,<20.435,-46.018,-
161.91>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<19.538,-43.558,-163.575>,<0.8660254,0,-0.5>,<16.697,-36.333,-
168.454>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.002,<14.005,-40.186,-173.158>,<0.8660254,0,-0.5>,<11.224,-46.315,-
177.872>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.002,<12.137,-51.147,-176.394>,<0.8660254,0,-0.5>,<15.233,-54.649,-
170.883>,USE THEO=YES
    ENDMEAS/
PLN10   =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE
    THEO/<53.296,-13.859,-83.103>,<0.8661116,0.0000969,0.4998507>
    ACTL/<47.235,2.638,-72.489>,<0.8889634,-0.0113707,0.4578371>
    MEAS/PLANE,4
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.004,<54.661,-5.23,-
85.469>,<0.8661116,0.0000969,0.4998507>,<30.541,33.942,-39.288>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.068,<51.037,-4.997,-79.193>,<0.8661116,0.0000969,0.4998507>,<54.056,-
2.027,-85.7>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=-0.086,<52.056,-23.532,-
80.953>,<0.8661116,0.0000969,0.4998507>,<52.417,-2.819,-82.874>,USE THEO=YES
    HIT/BASIC,NORMAL,D=0.014,<55.428,-21.676,-
86.798>,<0.8661116,0.0000969,0.4998507>,<51.925,-18.542,-82.092>,USE THEO=YES
    ENDMEAS/
CYL2    =FEAT/CONTACT/CYLINDER/DEFAULT,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
    THEO/<56.948,-41,-97.779>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2,16.5
    ACTL/<56.981,-41.092,-97.721>,<0.8658157,-0.0028876,-0.5003547>,10.316,16.5
    TARG/<56.948,-41,-97.779>,<0.8660254,0,-0.5>
    START ANG=0,END ANG=360
    ANGLE VEC=<0.5,0,0.8660254>
    DIRECTION=CCW
    SHOW FEATURE PARAMETERS=NO
    SHOW CONTACT PARAMETERS=YES
    NUMHITS=4,NUMLEVELS=2,DEPTH=0,END OFFSET=0,PITCH=0
    SAMPLE HITS=0,SPACER=0

```

```

    FIND HOLE=DISABLED,ONERROR=NO,READ POS=NO
    SHOW HITS=NO
CYL3    =FEAT/CONTACT/CYLINDER/DEFAULT,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
    THEO/<15.448,-46.5,-169.659>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2,16.5
    ACTL/<15.482,-46.266,-169.569>,<0.8842702,0.0515088,-0.4641262>,10.041,16.5
    TARG/<15.448,-46.5,-169.659>,<0.8660254,0,-0.5>
    START ANG=0,END ANG=360
    ANGLE VEC=<0.5,0,0.8660254>
    DIRECTION=CCW
    SHOW FEATURE PARAMETERS=NO
    SHOW CONTACT PARAMETERS=YES
        NUMHITS=4,NUMLEVELS=2,DEPTH=0,END OFFSET=0,PITCH=0
        SAMPLE HITS=0,SPACER=0
        FIND HOLE=DISABLED,ONERROR=NO,READ POS=NO
    SHOW HITS=NO
CYL4    =FEAT/CONTACT/CYLINDER/DEFAULT,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
    THEO/<15.448,-137.5,-169.659>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2,16.5
    ACTL/<15.432,-137.377,-169.683>,<0.8693221,0.0169486,-0.4939552>,10.19,16.5
    TARG/<15.448,-137.5,-169.659>,<0.8660254,0,-0.5>
    START ANG=0,END ANG=360
    ANGLE VEC=<0.5,0,0.8660254>
    DIRECTION=CCW
    SHOW FEATURE PARAMETERS=NO
    SHOW CONTACT PARAMETERS=YES
        NUMHITS=4,NUMLEVELS=2,DEPTH=0,END OFFSET=0,PITCH=0
        SAMPLE HITS=0,SPACER=0
        FIND HOLE=DISABLED,ONERROR=NO,READ POS=NO
    SHOW HITS=NO
CYL5    =FEAT/CONTACT/CYLINDER/DEFAULT,CARTESIAN,IN,LEAST_SQR
    THEO/<56.948,-179.5,-97.779>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2,16.5
    ACTL/<56.871,-179.54,-97.911>,<0.8653435,-0.0006479,-0.5011788>,10.318,16.5
    TARG/<56.948,-179.5,-97.779>,<0.8660254,0,-0.5>
    START ANG=0,END ANG=360
    ANGLE VEC=<0.5,0,0.8660254>
    DIRECTION=CCW
    SHOW FEATURE PARAMETERS=NO
    SHOW CONTACT PARAMETERS=YES
        NUMHITS=4,NUMLEVELS=2,DEPTH=0,END OFFSET=0,PITCH=0
        SAMPLE HITS=0,SPACER=0
        FIND HOLE=DISABLED,ONERROR=NO,READ POS=NO
    SHOW HITS=NO
POG1    =VIEWSET/
    RECALL/VIEWSET,POG1
DIM LOC1= LOCATION OF CIRCLE CIR3 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL  +TOL  -TOL  MEAS  DEV  OUTTOL
D  108.000  0.300  0.300  108.078  0.078  0.000  ----#---
END OF DIMENSION LOC1
DIM LOC2= LOCATION OF CIRCLE CIR5 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL  +TOL  -TOL  MEAS  DEV  OUTTOL
D  100.000  0.300  0.300  100.054  0.054  0.000  ----#---
END OF DIMENSION LOC2
DIM DIST1= 3D DISTANCE FROM PLANE PLN2 TO POINT PNT1,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL  +TOL  -TOL  MEAS  DEV  OUTTOL
M  10.000  0.100  0.000  9.861  -0.139  -0.139  <-----
DIM DIST3= 3D DISTANCE FROM PLANE PLN2 TO POINT PNT2,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$

```

GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
 AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
 M 20.000 0.100 0.000 20.024 0.024 0.000 --#-----
 DIM DIST4= 3D DISTANCE FROM PLANE PLN2 TO POINT PNT3,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
 UNITS=MM,\$
 GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
 AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
 M 35.000 0.200 0.200 34.546 -0.454 -0.254 <-----
 POG2 =VIEWSET/
 RECALL/VIEWSET,POG2
 DIM LOC3= LOCATION OF POINT PNT4 UNITS=MM,\$
 GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF_ANGLE=NO
 AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
 X 40.000 0.300 0.300 39.737 -0.263 0.000 #-----
 END OF DIMENSION LOC3
 POG3 =VIEWSET/
 RECALL/VIEWSET,POG3
 CIR6 =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,NO
 THEO/<57.381,-41,-98.029>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2
 ACTL/<57.202,-41.093,-97.848>,<0.8658157,-0.0028876,-0.5003547>,10.316
 CONSTR/CIRCLE,INTOF,PLN6,CYL2
 CIR7 =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,NO
 THEO/<57.381,-179.5,-98.029>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2
 ACTL/<56.802,-179.54,-97.871>,<0.8653435,-0.0006479,-0.5011788>,10.318
 CONSTR/CIRCLE,INTOF,PLN6,CYL5
 CIR8 =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,NO
 THEO/<15.881,-137.5,-169.909>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2
 ACTL/<15.636,-137.373,-169.798>,<0.8693221,0.0169486,-0.4939552>,10.19
 CONSTR/CIRCLE,INTOF,PLN6,CYL4
 CIR9 =FEAT/CIRCLE,CARTESIAN,OUT,NO
 THEO/<15.881,-46.5,-169.909>,<0.8660254,0,-0.5>,10.2
 ACTL/<15.897,-46.242,-169.787>,<0.8842702,0.0515088,-0.4641262>,10.041
 CONSTR/CIRCLE,INTOF,PLN6,CYL3
 PNT5 =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
 THEO/<15.881,-137.5,-169.909>,<0.8660254,0,-0.5>
 ACTL/<15.636,-137.373,-169.798>,<0.8693221,0.0169486,-0.4939552>
 CONSTR/POINT,CAST,CIR8
 PNT6 =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
 THEO/<15.881,-46.5,-169.909>,<0.8660254,0,-0.5>
 ACTL/<15.897,-46.242,-169.787>,<0.8842702,0.0515088,-0.4641262>
 CONSTR/POINT,CAST,CIR9
 PNT7 =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
 THEO/<57.381,-179.5,-98.029>,<0.8660254,0,-0.5>
 ACTL/<56.802,-179.54,-97.871>,<0.8653435,-0.0006479,-0.5011788>
 CONSTR/POINT,CAST,CIR7
 PNT8 =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
 THEO/<15.881,-46.5,-169.909>,<0.8660254,0,-0.5>
 ACTL/<15.897,-46.242,-169.787>,<0.8842702,0.0515088,-0.4641262>
 CONSTR/POINT,CAST,PNT6
 LIN2 =FEAT/LINE,CARTESIAN,UNBOUNDED,NO
 THEO/<15.881,-137.5,-169.909>,<0,1,0>
 ACTL/<15.636,-137.373,-169.798>,<0.0028733,0.9999959,0.0001279>
 CONSTR/LINE,BF,3D,PNT5,PNT6,,
 OUTLIER_REMOVAL/OFF,3
 FILTER/OFF,WAVELENGTH=0
 PNT9 =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
 THEO/<57.381,-41,-98.029>,<0.8660254,0,-0.5>
 ACTL/<57.202,-41.093,-97.848>,<0.8658157,-0.0028876,-0.5003547>
 CONSTR/POINT,CAST,CIR6
 LIN3 =FEAT/LINE,CARTESIAN,UNBOUNDED,NO

```

THEO/<57.381,-41,-98.029>,<0,-1,0>
ACTL/<57.202,-41.093,-97.848>,<-0.002892,-0.9999958,-0.0001604>
CONSTR/LINE,BF,3D,PNT9,PNT7,,
OUTLIER_REMOVAL/OFF,3
FILTER/OFF,WAVELENGTH=0
DIM DIST5= 2D DISTANCE FROM POINT PNT6 TO POINT PNT5          (CENTER TO
CENTER),NO_RADIUS UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M   91.000   0.200   0.200   91.131   0.131   0.000 -----#-
PNT10  =FEAT/POINT,CARTESIAN,NO
      THEO/<57.381,-46.5,-98.029>,<0,-1,0>
      ACTL/<57.187,-46.373,-97.849>,<-0.002892,-0.9999958,-0.0001604>
      CONSTR/POINT,DROP,PNT6,LIN3
DIM DIST7= 2D DISTANCE FROM POINT PNT7 TO POINT PNT10          (CENTER TO
CENTER),NO_RADIUS UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M   133.000   0.200   0.200   133.168   0.168   0.000 -----#
DIM DIST8= 3D DISTANCE FROM POINT PNT7 TO LINE LIN2,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M    83.000   0.200   0.200   82.940   -0.060   0.000 ---#-----
DIM DIST10= 3D DISTANCE FROM POINT PNT9 TO LINE LIN2,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M    83.000   0.200   0.200   82.945   -0.055   0.000 ---#-----
DIM DIST12= 3D DISTANCE FROM POINT PNT10 TO POINT PNT9,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M    5.500   0.200   0.200   5.280   -0.220   -0.020 <-----
LIN4  =FEAT/LINE,CARTESIAN,UNBOUNDED,NO
      THEO/<-12.53,-6.261,27.403>,<0.8186811,0.3080854,-0.4846077>
      ACTL/<-0.11,0.097,-23.383>,<0.072638,-0.0510161,-0.9960527>
      CONSTR/LINE,CAST,CYL1,34.037,DEPENDENT
PLN11  =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE,NO
      THEO/<-38.586,0,-5.794>,<0,-1,0>
      ACTL/<-37.765,0.006,-5.968>,<-0.0034486,-0.9999348,-0.0108884>
      CONSTR/PLANE,MID,PLN3,PLN4
DIM DIST17= 3D DISTANCE FROM POINT PNT8 TO PLANE PLN11,SHORTEST=ON,NO_RADIUS
UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH
AX NOMINAL   +TOL   -TOL   MEAS   DEV   OUTTOL
M    46.500   0.200   0.200   47.843   1.343   1.143 ----->
POG4   =VIEWSET/
      RECALL/VIEWSET,POG4
FCFFLAT1 =FLATNESS : PLN2
      FEATCTRLFRAME/SHOWPARAMS=YES,SHOWEXPANDED=YES

CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,TEXT=OFF,MULT=10.00,ARROWDENSITY=100,OUTPUT=BO
TH,UNITS=MM
      PER UNIT=NO,
      STANDARDTYPE=ASME_Y14_5
      DIMENSION/FLATNESS,0.05
      NOTE/FCFFLAT1
      FEATURES/PLN2,,
PLN12  =FEAT/PLANE,CARTESIAN,TRIANGLE,NO

```

```

      THEO/<26.256,-91.125,-151.939>,<0.8660254,0,-0.5>
      ACTL/<26.091,-90.958,-151.809>,<0.8672895,-0.0024284,-0.4977981>
      CONSTR/PLANE,BF,PNT6,PNT7,PNT8,LIN2,,
      OUTLIER_REMOVAL/OFF,3
      FILTER/OFF,WAVELENGTH=0
FCFFLAT2 =FLATNESS : PLN12
      FEATCTRLFRAME/SHOWPARAMS=YES,SHOWEXPANDED=YES

CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,TEXT=OFF,MULT=10.00,ARROWDENSITY=100,OUTPUT=BO
TH,UNITS=MM
      PER UNIT=NO,
      STANDARDTYPE=ASME_Y14_5
      DIMENSION/FLATNESS,0.1
      NOTE/FCFFLAT2
      FEATURES/PLN12,,
      DATDEF/FEATURE=PLN12,D
FCFPERP1 =PERPENDICULARITY : CYL2,CYL3,CYL4,...
      FEATCTRLFRAME/SHOWNOMS=NO,SHOWPARAMS=YES,SHOWEXPANDED=YES

CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,TEXT=OFF,MULT=10.00,ARROWDENSITY=100,OUTPUT=BO
TH,UNITS=MM
      STANDARDTYPE=ASME_Y14_5
      SIZE TOLERANCES/4,DIAMETER,10.2,0.1,0
      DIMENSION/PERPENDICULARITY,0.1,<MC>,<PZ>,<len>,D,<dat>,<dat>
      NOTE/FCFPERP1
      FEATURES/CYL2,CYL3,CYL4,CYL5,,
DIM LOC4= LOCATION OF CYLINDER CYL2 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
D 10.200 0.100 0.000 10.316 0.116 0.016 ----->
END OF DIMENSION LOC4
DIM LOC5= LOCATION OF CYLINDER CYL3 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
D 10.200 0.100 0.000 10.041 -0.159 -0.159 <-----
END OF DIMENSION LOC5
DIM LOC6= LOCATION OF CYLINDER CYL4 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
D 10.200 0.100 0.000 10.190 -0.010 -0.010 <-----
END OF DIMENSION LOC6
DIM LOC7= LOCATION OF CYLINDER CYL5 UNITS=MM,$
GRAPH=OFF TEXT=OFF MULT=10.00 OUTPUT=BOTH HALF ANGLE=NO
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL
D 10.200 0.100 0.000 10.318 0.118 0.018 ----->
END OF DIMENSION LOC7
      DATDEF/FEATURE=PLN2,A
FCFANGLRTY1 =ANGULARITY : PLN12
      FEATCTRLFRAME/SHOWNOMS=NO,SHOWPARAMS=YES,SHOWEXPANDED=YES

CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,TEXT=OFF,MULT=10.00,ARROWDENSITY=100,OUTPUT=BO
TH,UNITS=MM
      STANDARDTYPE=ASME_Y14_5
      DIMENSION/ANGULARITY,0.1,A,<dat>,<dat>
      NOTE/FCFANGLRTY1
      FEATURES/PLN12,,
      DATDEF/FEATURE=PLN11,C
FCFPERP2 =PERPENDICULARITY : PLN12
      FEATCTRLFRAME/SHOWPARAMS=YES,SHOWEXPANDED=YES

```

CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,TEXT=OFF,MULT=10.00,ARROWDENSITY=100,OUTPUT=BO
TH,UNITS=MM

STANDARDTYPE=ASME_Y14_5

DIMENSION/PERPENDICULARITY,0.2,C,<dat>,<dat>

NOTE/FCFPERP2

FEATURES/PLN12,,

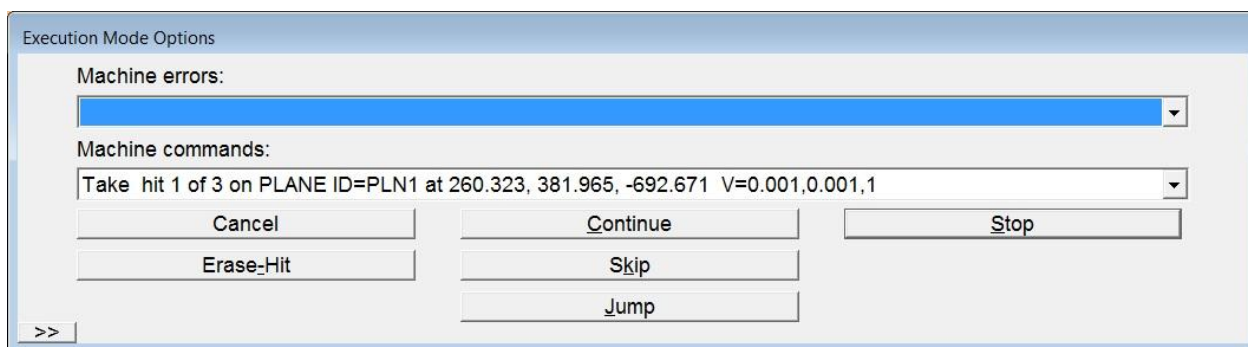
По завршетку креирања програма, постављања свих задатих мера и толеранција које су дате на техничком цртежу, добиће се парт програм који је представљен у даљем тексту.

4.1 Извршење парт програма

Извршење се покреће тако што у менију:

1. Бира се **File | Execute** опција, или у **Edit Window toolbar**-у изабере иконица **Execute** .

2. Следе упутства на **CMM Command window** дисплеју и захтеви за мерење тачака (слика 4.1.1).



Слика 4.1.1: CMM Command window

PC-DIMIS захтева мерење тачака на локацијама назначеним у прозору графичког приказа.

- Измерити шест тачки за раван
- Измерити две тачке за линију
- Измерити шест тачки за крузницу

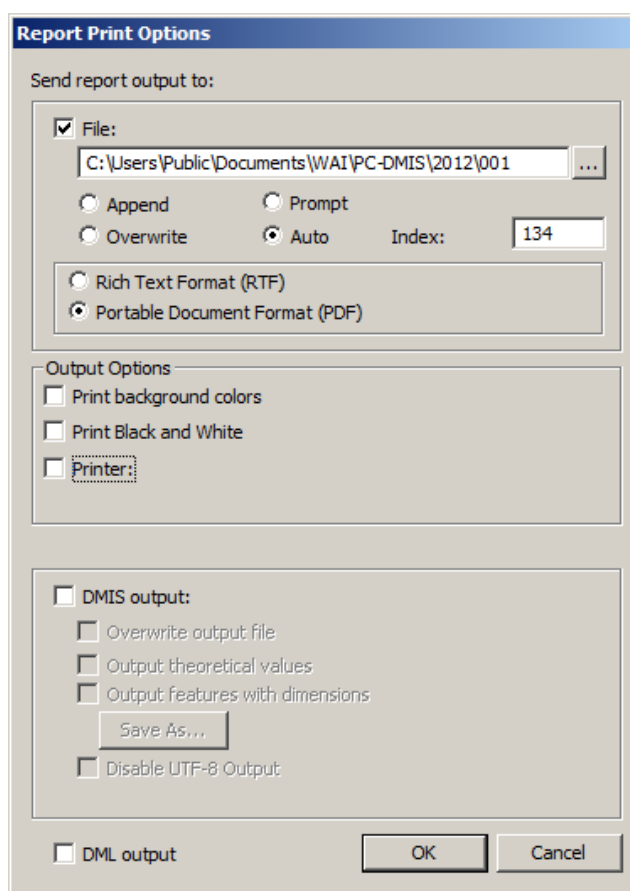
По завршетку мерења **PC-DIMS** ће приказати дијалог са коментаром:

"Упозорење машина је у аутоматском (**DCC**) режиму". Када кликнем на дугме **OK**, **PC-DIMS** аутоматски мери остале задате отворе и равни.

4.2 Подешавање репорт излаза

PC-DMIS омогућава да се по извршењу парт програма аутоматски уради извештај. Приликом ове израде документа користи се *PDF* излазни фајл.

1. У менију изабере се **File | Printing | Report Window Print Setup** опција. По одабиру појављује се **Print Options дијалог** прозор (слика 4.2.1).
2. Изабере се **File chek box**.
3. Изабере се **Portable Document Format (PDF)** опцију.
4. Затим се одређује локација чувања извештаја.
5. Изабере се **OK**, потврђује и затвара прозор.



Слика 4.2.1: Print Options дијалог

Након извршења комплетног парт програма *PC-DMIS* ће аутоматски штампати извештај на унапред изабраној локацији. Локација штампања извештаја је задата у **Print Options** дијалог прозору **File | Printing | Report Window Print Setup** или директног конвертовања у *PDF* фајл(слика 4.2.2а,б).

pcodmis		PART NAME : Merenje FARO rukom					October 19, 2013	12:04
REV NUMBER :			SER NUMBER :			STATS COUNT : 1		
⌀	MM	LOC1 - CIR3						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
D	108.000	0.300	0.300	108.078	0.078	0.000		
⌀	MM	LOC2 - CIR5						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
D	100.000	0.300	0.300	100.054	0.054	0.000		
↔	MM	DIST1 - PLN2 TO PNT1						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	10.000	0.100	0.000	9.861	-0.139	-0.139		
↔	MM	DIST3 - PLN2 TO PNT2						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	20.000	0.100	0.000	20.024	0.024	0.000		
↔	MM	DIST4 - PLN2 TO PNT3						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	35.000	0.200	0.200	34.546	-0.454	-0.254		
⌀	MM	LOC3 - PNT4						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
X	40.000	0.300	0.300	39.737	-0.263	0.000		
↔	MM	DIST5 - PNT6 TO PNT5						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	91.000	0.200	0.200	91.131	0.131	0.000		
↔	MM	DIST7 - PNT7 TO PNT10						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	133.000	0.200	0.200	133.168	0.168	0.000		
↔	MM	DIST8 - PNT7 TO LIN2						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	83.000	0.200	0.200	82.940	-0.060	0.000		
↔	MM	DIST10 - PNT9 TO LIN2						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	83.000	0.200	0.200	82.945	-0.055	0.000		
↔	MM	DIST12 - PNT10 TO PNT9						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	5.500	0.200	0.200	5.280	-0.220	-0.020		
↔	MM	DIST17 - PNT8 TO PLN11						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
M	46.500	0.200	0.200	47.843	1.343	1.143		

Слика 4.2.2а: Извештај уText Only Options прозору

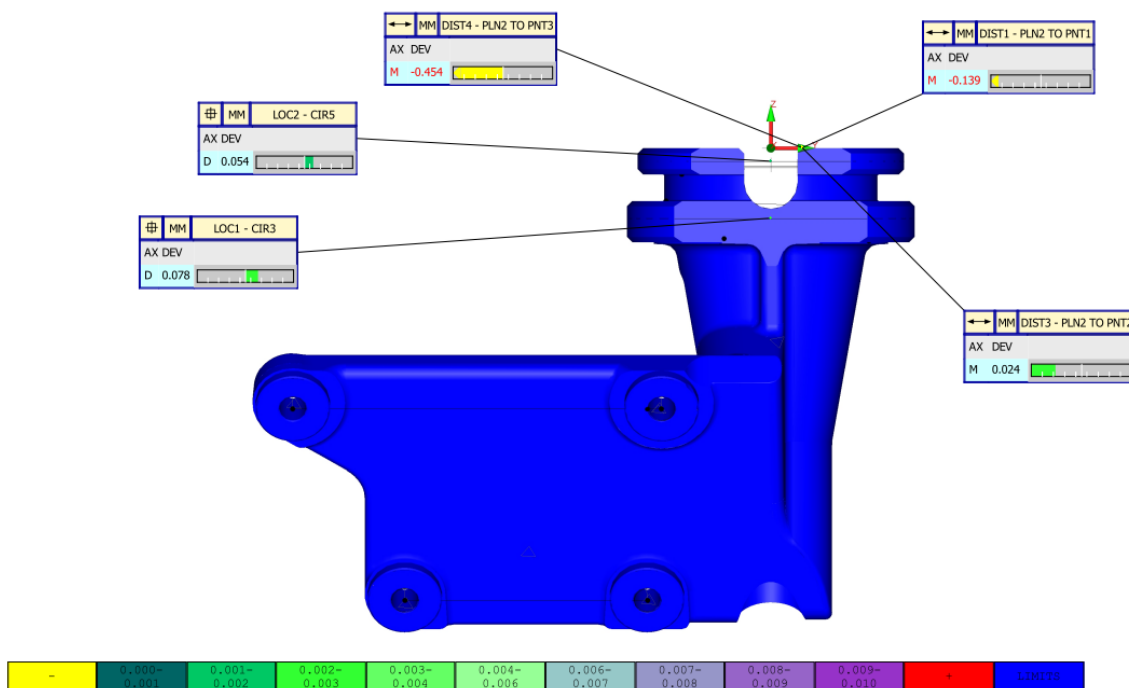
FCFFLAT1	MM	0.05					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN2	0.000	0.050		0.003	0.003	0.000	
FCFFLAT2	MM	0.1					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN12	0.000	0.100		0.000	0.000	0.000	
FCFPERP1	MM	0.1 D					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL2	0.000	0.100	0.000	0.049	0.049	0.000	0.000
CYL3	0.000	0.100	0.000	0.621	0.621	0.521	0.000
CYL4	0.000	0.100	0.000	0.072	0.072	0.000	0.000
CYL5	0.000	0.100	0.000	0.064	0.064	0.000	0.000
⌀	MM	LOC4 - CYL2					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.316	0.116	0.016	
⌀	MM	LOC5 - CYL3					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.041	-0.159	-0.159	
⌀	MM	LOC6 - CYL4					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.190	-0.010	-0.010	
⌀	MM	LOC7 - CYL5					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.318	0.118	0.018	
FCFANGLR...	MM	0.1 A					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN12	0.000	0.100	0.000	0.213	0.213	0.113	0.000
FCFPERP2	MM	0.2 C					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN12	0.000	0.200	0.000	0.643	0.643	0.443	0.000

Слика 4.2.2b: Извештај уText OnlyOptions прозору

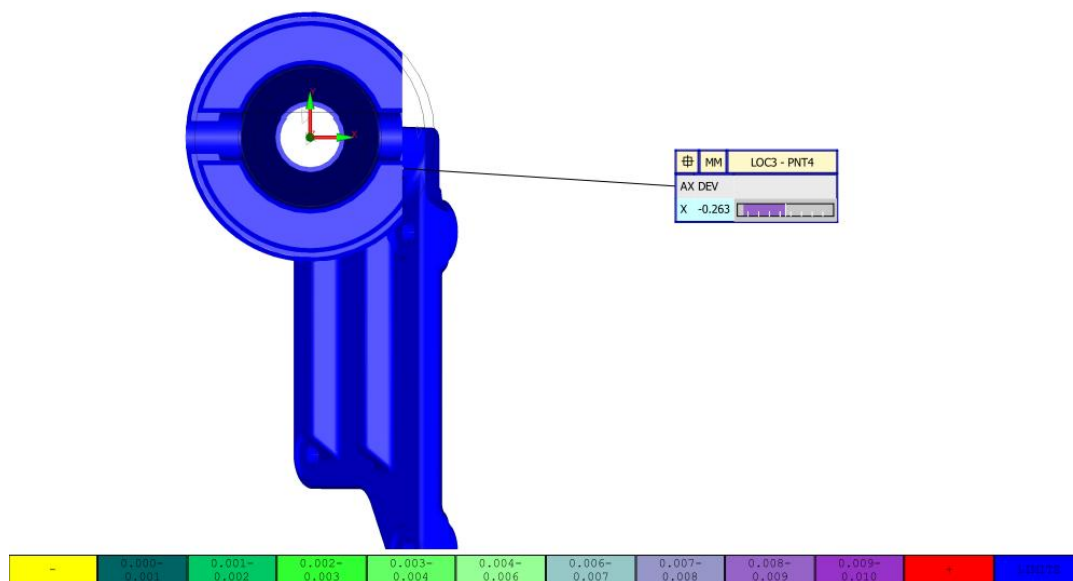
У **Report** прозору ће се приказати различите варијације истог мерења променом различитих, претходно израђених шаблона, шаблона извештаја.

pcodmis	PART NAME :	Merenje FARO rukom	October 19, 2013	12:04
	REV NUMBER :	SER NUMBER :	STATS COUNT :	1

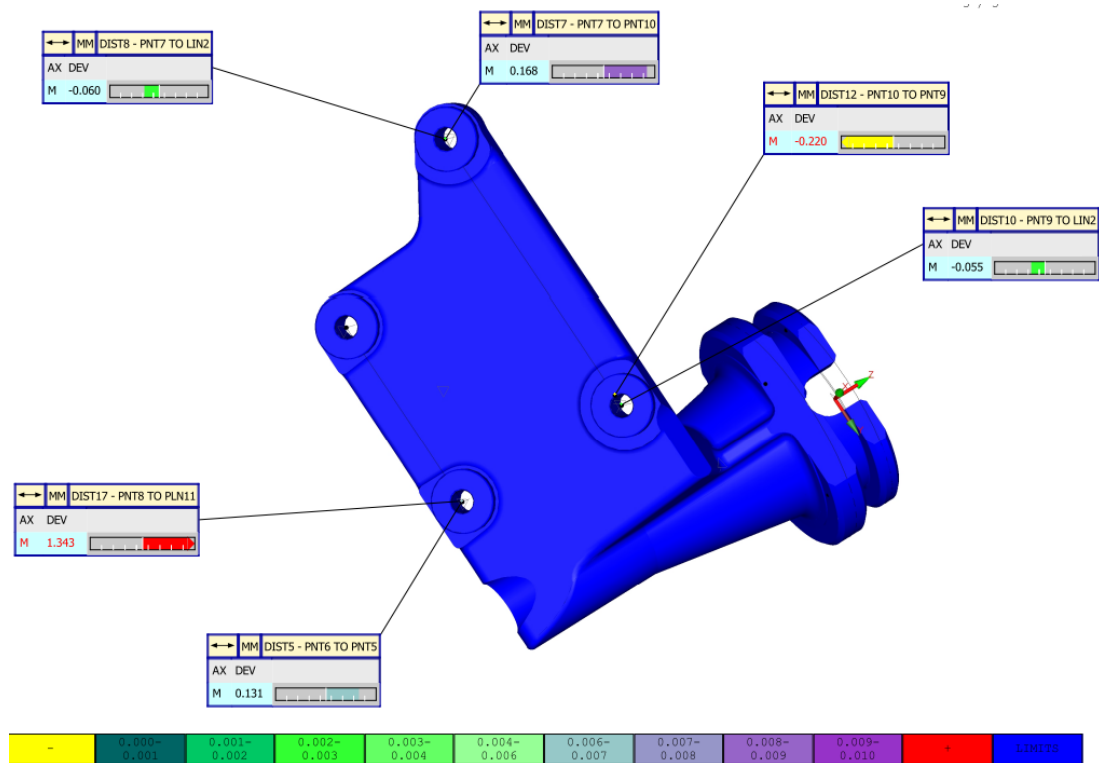
1 / 5



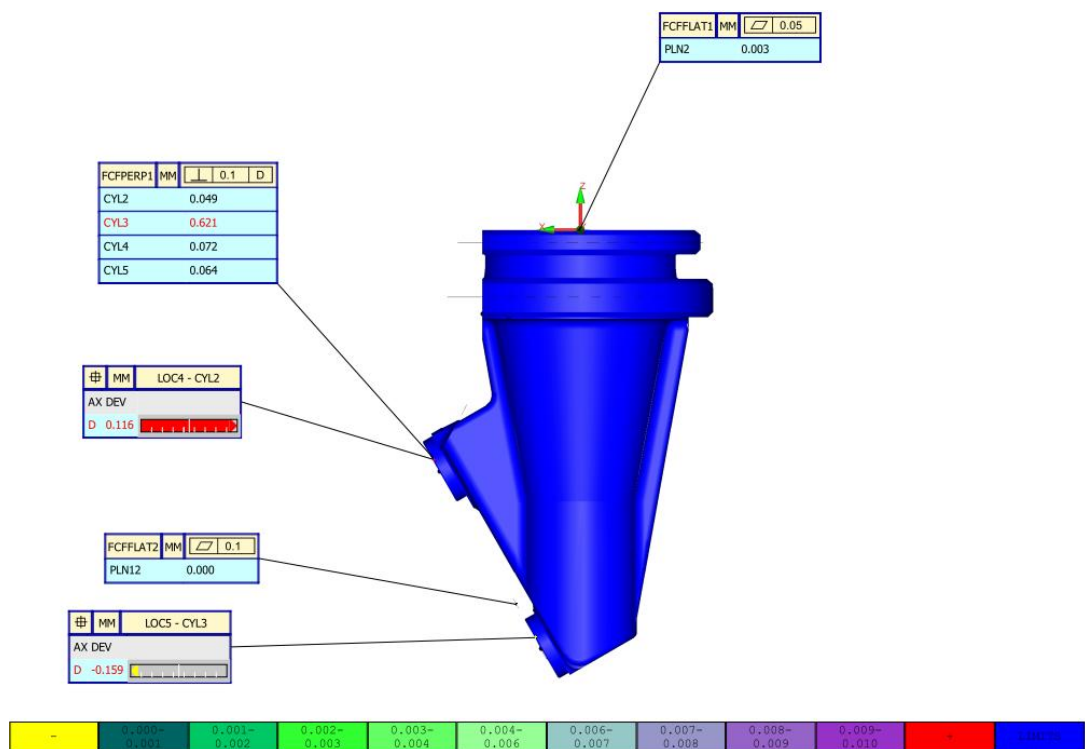
Слика 4.2.3а: Извештај у CAD Only Options прозору



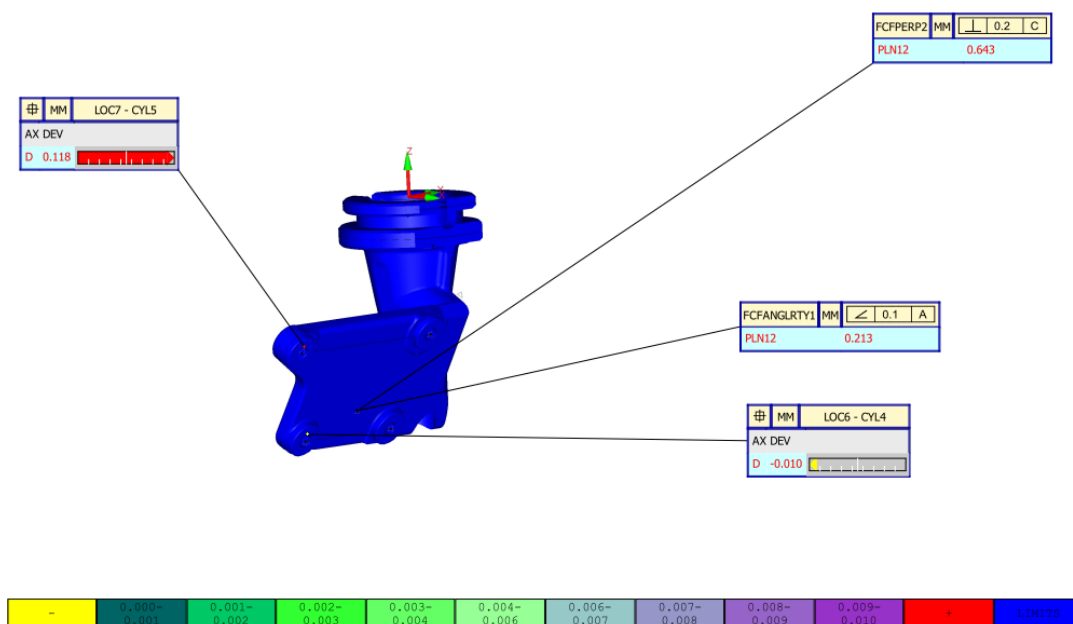
Слика 4.2.3b: Извештај у CAD Only Options прозору



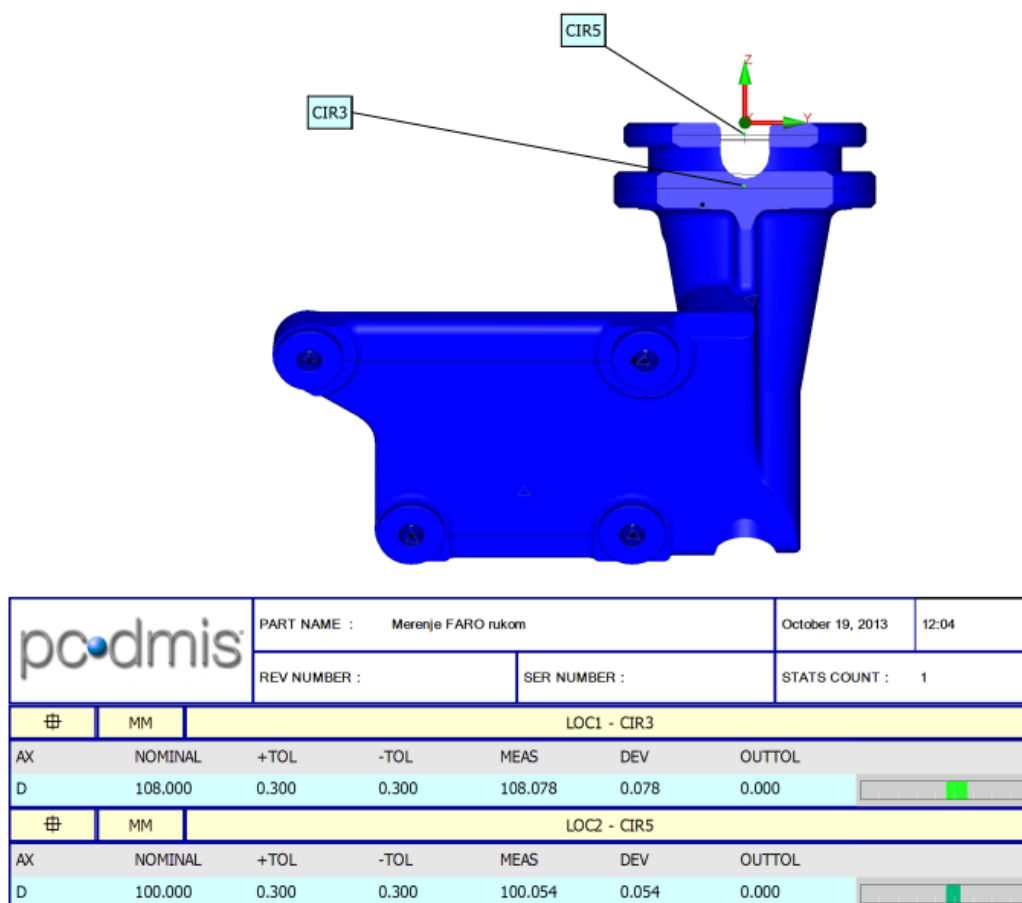
Слика 4.2.3д: Извештај у CAD Only Options прозору



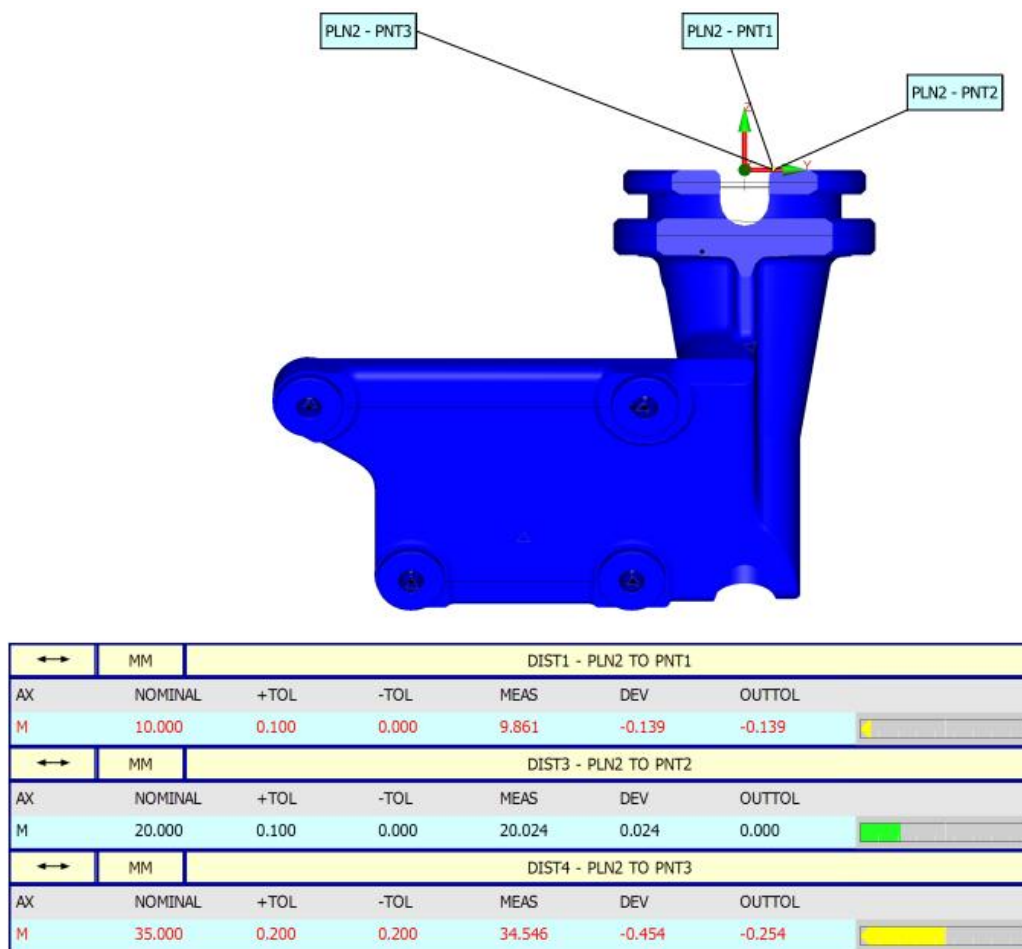
Слика 4.2.3д: Извештај у CAD Only Options прозору



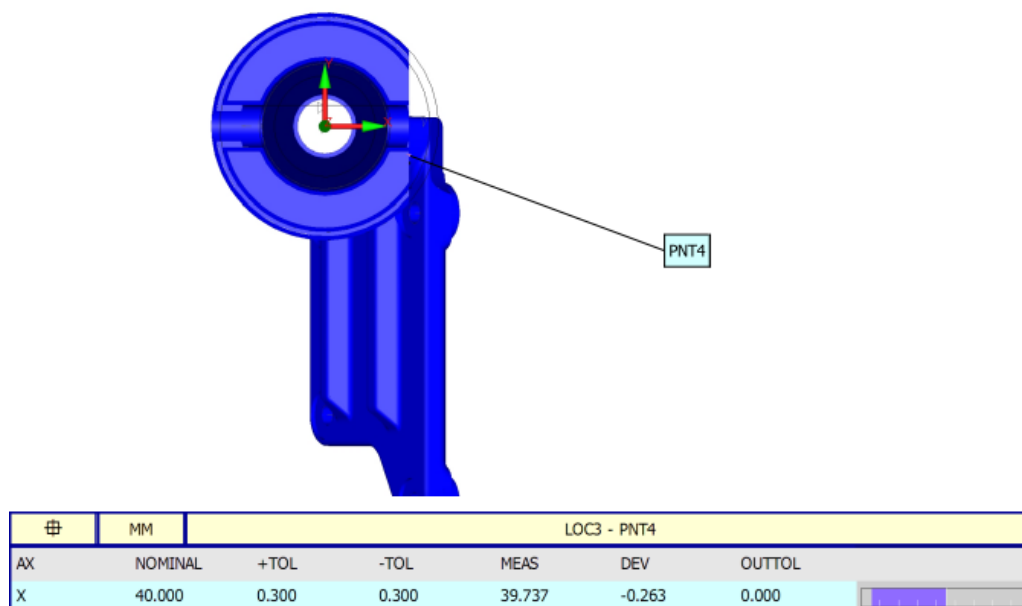
Слика 4.2.3е: Извештај у CAD Only Options прозору



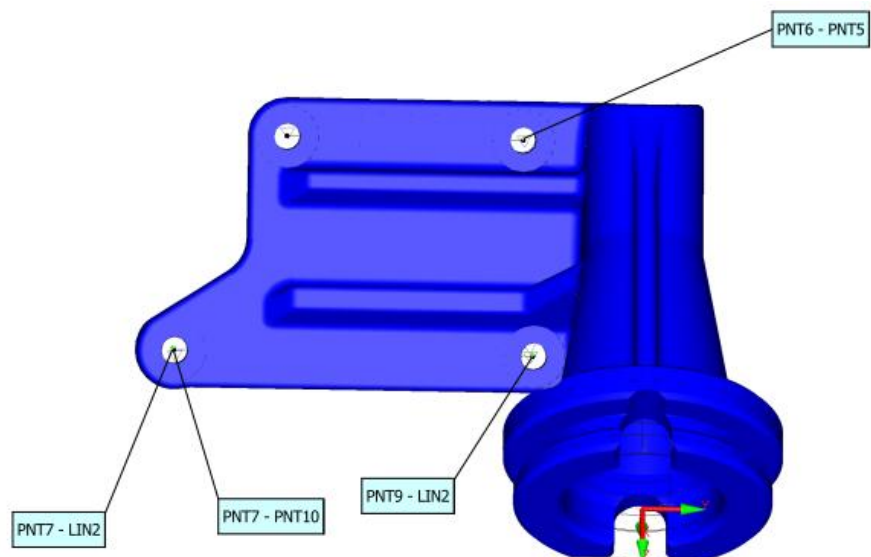
Слика 4.2.4а: Извештај у Text-Cad Options прозору



Слика 4.2.4б: Извештај у Text-Cad Options прозору

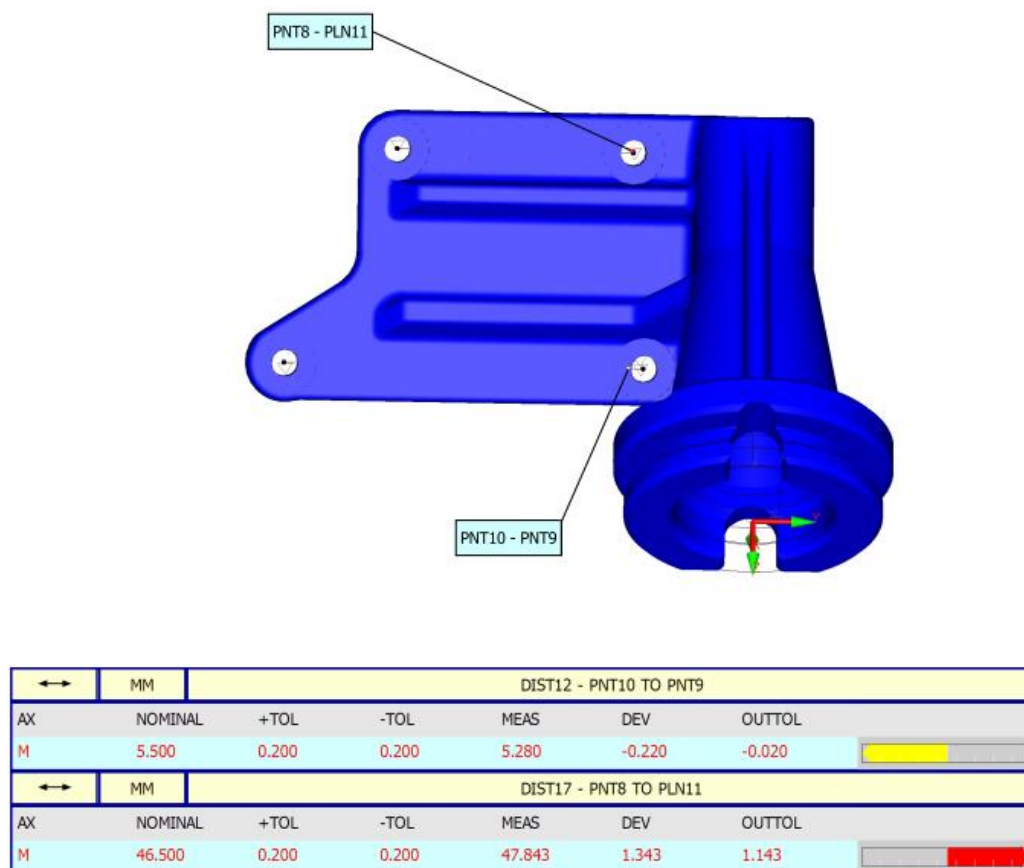


Слика 4.2.4ц: Извештај у Text-Cad Options прозору

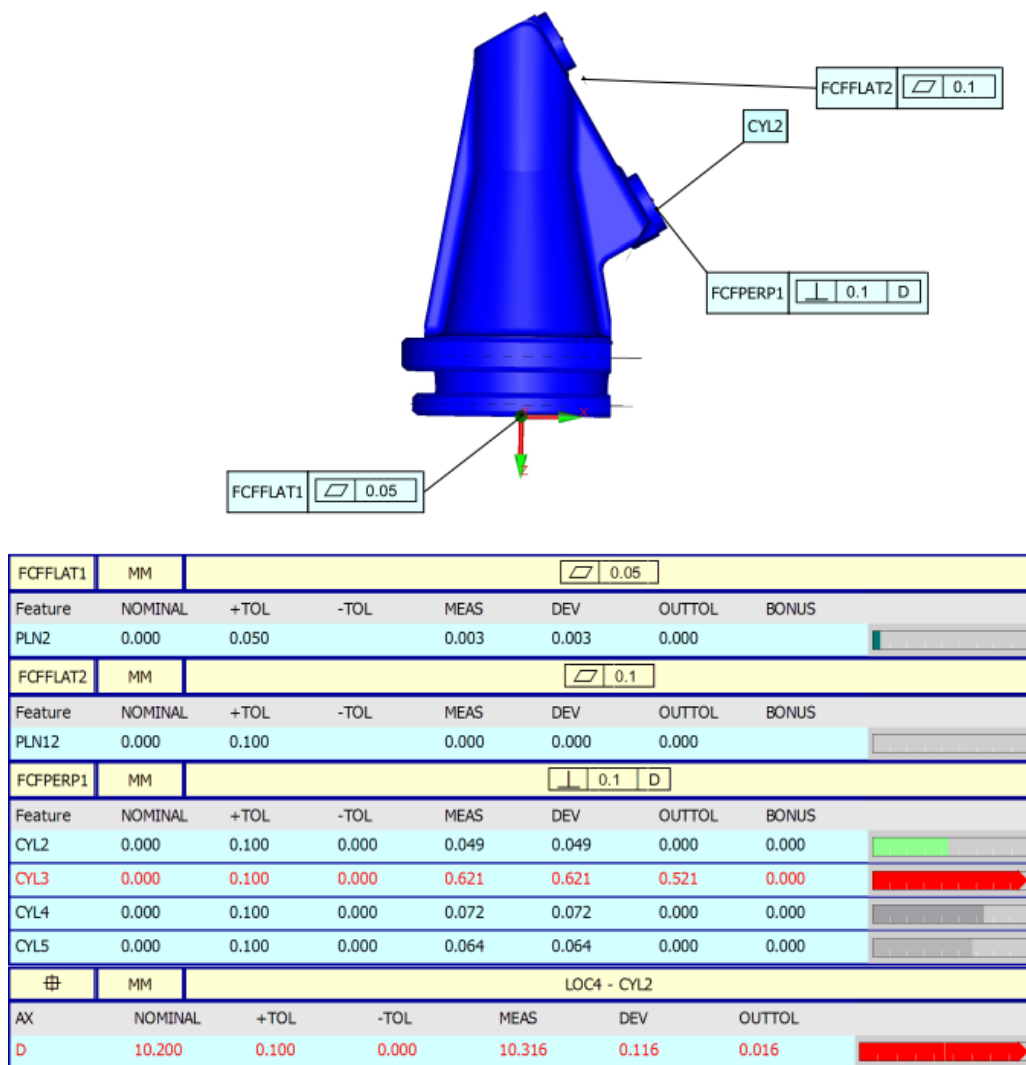


↔	MM	DIST5 - PNT6 TO PNT5				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	91.000	0.200	0.200	91.131	0.131	0.000
↔	MM	DIST7 - PNT7 TO PNT10				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	133.000	0.200	0.200	133.168	0.168	0.000
↔	MM	DIST8 - PNT7 TO LIN2				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	83.000	0.200	0.200	82.940	-0.060	0.000
↔	MM	DIST10 - PNT9 TO LIN2				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	83.000	0.200	0.200	82.945	-0.055	0.000

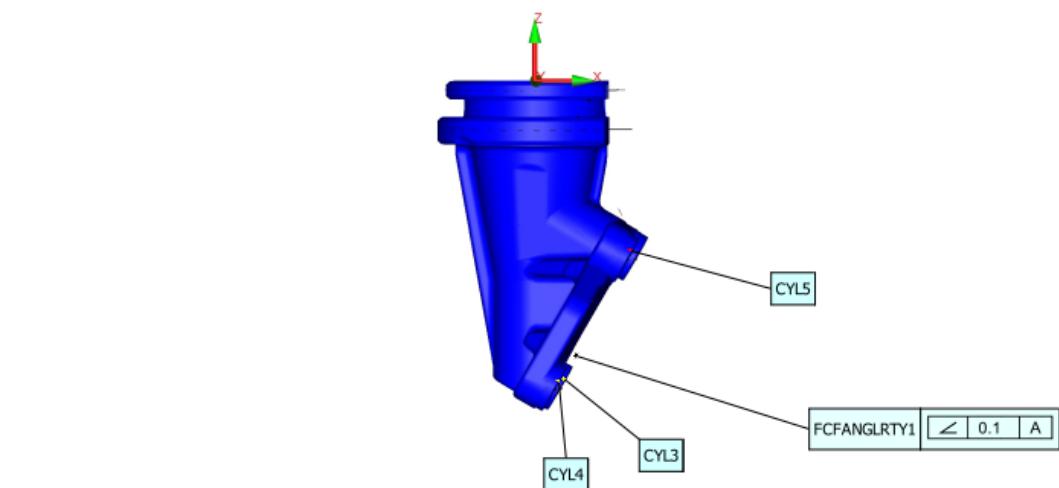
Слика 4.2.4d: Извештај у Text-Cad Optionsпрозору



Слика 4.2.4е: Извештај у Text-Cad Optionsпрозору

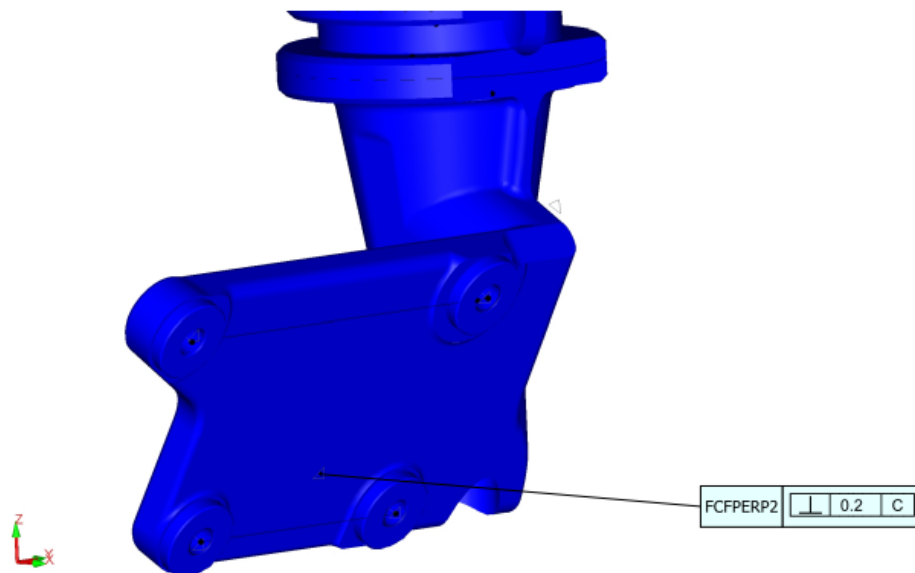


Слика 4.2.4f: Извештај у Text-Cad Options прозору



#	MM	LOC5 - CYL3					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.041	-0.159	-0.159	
#	MM	LOC6 - CYL4					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.190	-0.010	-0.010	
#	MM	LOC7 - CYL5					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	10.200	0.100	0.000	10.318	0.118	0.018	
FCFANGLR...	MM	∠ 0.1 A					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN12	0.000	0.100	0.000	0.213	0.213	0.113	0.000

Слика 4.2.4g: Извештај у Text-Cad Optionsпрозору



FCFPERP2	MM	 0.2 C					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN12	0.000	0.200	0.000	0.643	0.643	0.443	0.000

Слика 4.2.4h: Извештај у Text-Cad Optionsпрозору

5.0 Закључак

Сходно самој заступљености *СММ* координатних мерних машина, контроли мерења и управљања помоћу истих, могуће је мерити и најсложеније делове различитих материјала са веома великом прецизношћу и поновљивошћу. Са *СММ*-ом је омогућено смањење трошкова шкарта у целости и повећање саме продуктивности у производњи.

Мерне руке су једне од најпоузданијих мерних машина на тржишту на којима се врше мерења дела различитих површина храпавости, отвора различитих пречника који су дати пропратном техничком документацијом.

У овом раду представљени су извештаји са контроле мерења **адаптера за монтажу**. Извршена мерења су дата у одређеним толеранцијама и самом документацијом. Циљ испитивања тачнијег мерења је представљање утврђених грешака и смањење шкарта као и уштеда материјала приликом почетка производње.

После мерења добија се више различитих излазних извештаја на којима се уочавају девијације. У зависности од површине која се испитује, добија се и различита вредност мерења.

Различитости мерења у зависности од техничке документације могу се видети на извештајима мерења.

Према наведеним излазним извештајима мерења, долази се до закључка да део који је измерен, у овом случају, **адаптер за монтажу**, није саобразан за уградњу.

6.0 Литература

- [1] М. Лазић, Основи Метрологије, Универзитет "Светозар Марковић", Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1987.
- [2] *PC-DMIS Core Manual, Hexagon Metrology*, 2012