

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Inge Vinković

Zagreb, 2007.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Nenad Bojčetić, docent

Inge Vinković

Zagreb, 2007.

Ovaj rad bavi se problematikom izrade varijantne konstrukcije dijela transformatora u cilju pojednostavljenja procesa konstruiranja i skraćivanja vremena konstruiranja dijela transformatora. Tijekom analize konstrukcije cijelog transformatora odabran je konzervator kao dio transformatora najpogodniji za izradu varijantnog modela. Kao osnova za izradu varijantne konstrukcije dijela transformatora koristit će se 3D računalni model opisan parametrima. Parametrizacija 3D računalnog modela dijela transformatora obavljena je nakon analize konstrukcije te analize međuovisnosti pojedinih elemenata i dimenzija.

Konzervator je dio transformatora koji ima nekoliko osnovnih konstrukcijskih izvedbi čija je raznolikost dovoljna za izradu varijantne konstrukcije te za izradu parametarskog računalnog modela. Tehničku dokumentaciju za ovaj rad ustupljena je od tvrtke Končar – distributivni i specijalni transformatori. Računalni modeli i parametrizacija izrađeni su u programu CATIA V5.

POPIS SLIKA.....	5
POPIS TABLICA.....	6
IZJAVA.....	7
1. UVOD.....	8
2. TRANSFORMATOR.....	9
2.1. Podjela transformatora prema snazi.....	9
2.2. Podjela transformatora prema načinu hlađenja.....	10
2.3. Osnovni dijelovi transformatora.....	10
3. KONZERVATOR.....	12
4. RAČUNALNI PROGRAM CATIA V5.....	14
5. ANALIZA DOSTUPNIH KONSTRUKCIJA KONZERVATORA.....	15
5.1. Definiranje osnovnih razlika između konzervatora.....	15
5.1.1. Konzervator 1.....	16
5.1.2. Konzervator 2.....	18
5.1.3. Konzervator 3.....	19
5.2. Osnovne razlike između konstrukcija.....	20
6. ISTOVJETNOST MEĐU PROIZVODIMA.....	22
7. PRAVILA PARAMETRIZIRANJA.....	23
7.1. Zadavanje parametara.....	23
7.2. Eksterni parametri.....	24
7.3. Pravila (Rules).....	24
7.4. Tablica.....	24
8. ANALIZA KONSTRUKCIJSKIH PRAVILA KOJA SE KORISTE TIJEKOM PROCESA KONSTRUIRANJA MODELA KONZERVATORA.....	25
8.1. Plašt konzervatora.....	25
8.2. Prirubnica.....	28
8.3. Okrugla ploča bočne stijene.....	30
8.4. Prirubnica okrugle ploče bočne stijene konzervatora.....	32
8.5. Okrugla ploča.....	33
8.6. Plašt konzervatora sklopke.....	34
8.7. Kuka.....	35
8.8. Sklop nosača konzervatora.....	36
8.8.1. Kutnik.....	36
8.8.2. Ploča nosača konzervatora.....	37
8.8.3. Zakrivljena ploča nosača.....	38
8.9. Priključci.....	39
ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA.....	41

POPIS SLIKA:

Slika 2.1. Končarev mjerni i energetski transformator

Slika 3.1. Povećanje dimenzija i rashladne površine transformatora sa snagom

Slika 3.2. Konzervator transformatora

Slika 4.1. CATIA by Dassault Systemes

Slika 5.1. Izvedba konzervatora s odvojenim dijelom za konzervator sklopke - konzervator 1

Slika 5.2. Računalni model konzervatora Tipa A - konzervator 1

Slika 5.3. Izvedba konzervatora s odvojenim dijelom za konzervator sklopke- konzervator 2

Slika 5.4. Računalni model konzervatora Tipa A - konzervator 2

Slika 5.5. Izvedba konzervatora bez odvojenog dijela za konzervator sklopke – konzervator 3

Slika 5.6. Računalni model konzervatora Tipa B – konzervator 3

Slika 5.7. Računalni model prirubnice

Slika 5.8. Računalni model bočne ploče

Slika 5.9. Računalni model sklopa nosača

Slika 8.1. Plašt konzervatora

Slika 8.2. Parametri plašta konzervatora – pogled 1

Slika 8.3. Parametri plašta konzervatora – pogled 2

Slika 8.4. Parametri plašta konzervatora – pogled 3

Slika 8.5. Parametri prirubnice konzervatora

Slika 8.6. Parametri okrugle ploče bočne stijene konzervatora

Slika 8.7. Parametri prirubnice okrugle ploče bočne stijene konzervatora

Slika 8.8. Parametri plašta konzervatora sklopke

Slika 8.9. Oblici kuke konzervatora

Slika 8.10. Parametri kutnika nosača konzervatora

Slika 8.11. Parametri ploče nosača konzervatora

Slika 8.12. Parametri zakrivljene ploče nosača konzervatora

Slika 8.13. Prirubnice priključaka konzervator. Lijevo DN 25 NP 10, desno DN 80 NP 10.

Slika 8.14. Cijevi priključaka konzervatora

POPIS TABLICA:

Tablica 5.1. Pozicije konzervatora 1

Tablica 8.1. Prikaz parametara prirubnice u tabličnom obliku

Tablica 8.2. Prikaz parametara okrugle ploče bočne stijene u tabličnom obliku

Tablica 8.3. Prikaz parametara prirubnice okrugle ploče bočne stijene u tabličnom obliku

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno služeći se stečenim znanjem i navedenom literaturom.

Zahvala:

Zahvaljujem mentoru, docentu dr. sc. Nenadu Bojčetiću na podršci i korisnim savjetima.

Zahvalila bih i inženjeru Alenu Skupnjaku iz tvrtke Končar – distributivni i specijalni transformatori na strpljenju pri prikupljanju tehničke dokumentacije.

Od srca se zahvaljujem svojoj obitelji i dečku na podršci i strpljenju pri izradi rada.

1. Uvod

Cilj ovog rada je pojednostavljenje procesa konstruiranja i skraćivanje vremena konstruiranja modela dijela transformatora. Element transformatora koji će se u ovom radu razmatrati jest konzervator.

Rad je podijeljen u osam osnovnih cjelina. Na početku je dana definicija transformatora, opisana je uloga konzervatora u sklopu transformatora te su navedene njegove osnovne izvedbe. Nadalje se provodi analiza dostupnih konstrukcija konzervatora i opisuju se njihove osnovne razlike.

U nastavku se razmatra tema istovjetnosti između proizvoda koja se odnosi na konstrukciju transformatora. Opisuju se alati pomoću kojih se vrši postupak parametrizacije konstrukcije konzervatora u računalnom programu CATIA V5 da bi se na kraju došlo do analize konstrukcijskih pravila koja se koriste tijekom konstruiranja modela konzervatora.

2. Transformator

Transformator je mirujući elektromagnetski uređaj koji na načelu elektromagnetske indukcije pretvara sustav izmjeničnog napona u drugi ili više drugih sustava napona iste frekvencije.

2.1. Podjela transformatora prema snazi

Transformatori koji se koriste u elektroenergetskom sustavu za prijenos i razdiobu električne energije nazivaju se energetske transformatori, a dijele se na:

- Generatorske ili blok transformatore koji se koriste u elektranama za spajanje generatora i visokonaponske mreže
- Mrežne transformatore koji transformiraju napon visokonaponske mreže npr. 400 kV, 220 kV ili 110 kV u napon distribucijske mreže 30 kV ili 35 kV. Mogu biti tronamotni transformatori, autotransformatori i regulacijski transformatori
- Distribucijski transformatori koji se izvode za napon od 35 kV i niže. Izrađuju se kao dvonamotni i tronamotni

Osim energetske transformatora postoje i ostale vrste transformatora koji se zajedno nazivaju specijalni transformatori.



Slika 2.1. Končarev mjerni i energetske transformator

Tvrtka Končar – distributivni i specijalni transformatori proizvodi transformatore do 63 MVA i 170 kV

2.2. Podjela transformatora prema načinu hlađenja

Prema načinu hlađenja transformatori se dijele na:

- suhe transformatore
- uljne transformatore

Suhi transformatori grade se za napone do 50 kV i snage do 10 MVA s obzorom da zrak ima loša izolacijska svojstva i slabije odvodi toplinu nego ulje. Njihova glavna prednost je ta što nisu zapaljivi pa se koriste na mjestima na kojima je to svojstvo važno (brodovi, bolnice, rudnici).

Uljni transformatori imaju aktivni dio (jezgru i namot) uronjene u izolacijsku tekućinu. S obzirom na dobra izolacijska svojstva i veliku specifičnu toplinu transformatorskog ulja, transformatori za više napone i velike snage izrađuju se redovito kao uljni. Aktivni dio transformatora i ulje nalaze se u kotlu kojem pripada poklopac s provodnim izolatorima i konzervator. Preko stijenki kotla toplina se prenosi iz aktivnog dijela transformatora na okolni zrak.

Manji uljni transformatori izrađuju se u hermetički zatvorenoj izvedbi s kotlom od valovitog lima. Prilikom zagrijavanja i širenja ulja lim se može elastično deformirati i privremeno povećati obujam kotla. Takvi transformatori nemaju konzervator.

U daljnjem razmatranju govoriti će se isključivo o uljnim transformatorima velikih snaga koji posjeduju konzervator.

2.3. Osnovni dijelovi transformatora

Osnovni dijelovi konstrukcije transformatora su kućište, jezgra, namoti i ulje.

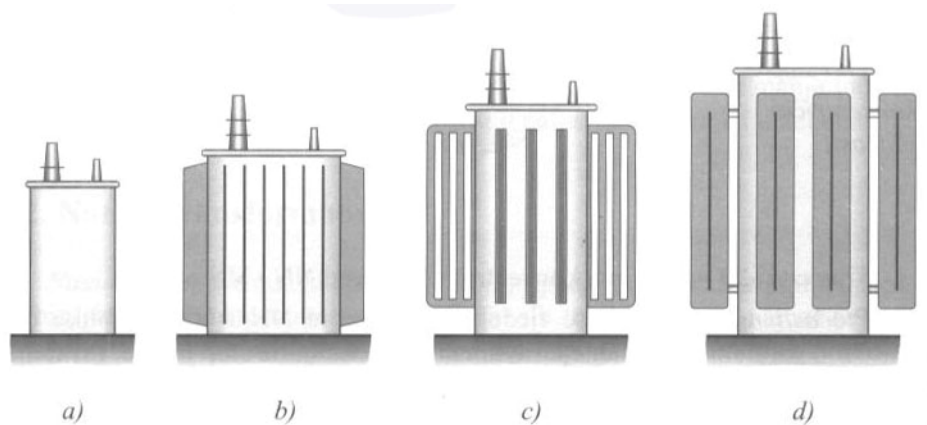
- Kotao – kućište transformatora u koje se ulaže jezgra s namotima i svi ostali dijelovi. Stjenke kotla napravljene su od čeličnog lima kojem se krutost povećava navarivanjem ojačanja. Kotao mora biti hermetički zatvoren zbog ulja koje se u njemu nalazi.
- Jezgra – sastavljena je od limova debljine 0,3 mm koji se uzastopno slažu da bi se dobio cilindrični presjek. Jezgra se nakon slaganja tlači i učvršćuje između donjeg i gornjeg jarma pomoću čeličnih letvica visoke čvrstoće. Završna kompaktnost jezgre dobiva se zatezanjem pomoću bandaža od staklastog materijala koji tijekom zagrijavanja polimerizira i tako dobiva konačna svojstva koja su potrebna da bi jezgra bila učvršćena.
- Namoti (svitci) – postoji više vrsta namota: NN (nisko naponski), VN (visokonaponski), RN (regulacijski). Unutrašnji namot je obično visoko naponski, slijedeći je nisko naponski pa gruboregulacijski i fino regulacijski. Regulacijski namoti služe regulaciji struje i napona u transformatoru. Namoti su od bakrene žice izolirane papirnatom izolacijom kod transformatora većih snaga dok je kod transformatora manjih snaga dovoljna izolacija lakom.

Između slojeva namota stavljaju se letvice da bi se stvorili procjepi kojima kasnije prolazi ulje koje hladi namote.

- Ulje – koristi se za hlađenje transformatora i izolaciju. Ispunjava cijelu unutrašnjost kotla. Puni se tako da se prvo iz cijelog kotla izvuče zrak tj. napravi se vakum i tada ulje ulazi u sve najuže procjepe i u cijelosti popunjava prostor jer nema zračnih mjehurića koji bi to onemogućavali.

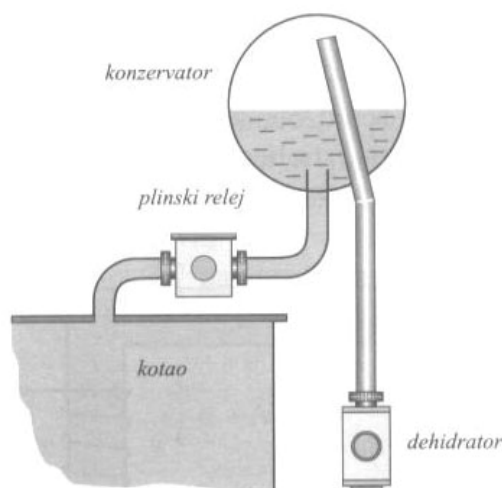
3. Konzervator

Uslijed povećanja snage transformatora povećavaju se i njegove dimenzije, a time i gubici tj. toplina koja se treba odvesti. Iz tog razloga mora se povećati rashladna površina pa se na kućištu transformatora rade orebrenja. Toplina ulja odvodi se slobodnim ili prisilnim strujanjem zraka, a u nekim izvedbama i vode.



Slika 3.1. Povećanje dimenzija i rashladne površine transformatora sa snagom

Prolaskom velikih struja kroz namote transformatora generira se toplina koju je potrebno odvesti hlađenjem. Kod uljnih transformatora hlađenje se vrši uljem koje ispunjava cijeli kotao transformatora. Porastom temperature ulje se širi te je kod transformatora velikih dimenzija potreban veliki dodatni prostor koji će omogućavati širenje. Iz tog razloga na transformatore se ugrađuje dio koji se naziva konzervator. Konzervator se postavlja iznad razine ulja u transformatoru tako da se puni uljem samo u slučaju toplinske dilatacije ulja.



Slika 3.2. Konzervator transformatora

Na sklopu konzervatora nalaze se priključci (njihov broj je ovisan o izvedbi i zahtjevima kupca) koji mogu imati ulogu povezivanja konzervatora s kućištem transformatora, povezivanja konzervatora s okolnom atmosferom ili mogu predstavljati otvor kroz koji će se transformator puniti uljem prije puštanja u rad.

Tlak u konzervatoru mora biti konstantnog iznosa pa iz tog razloga konzervator mora biti povezan s okolnom atmosferom. Zrak koji zbog smanjenja volumena ulja ulazi u konzervator ne smije sadržavati vlagu jer bi to dovelo do iskrenja u transformatoru zbog narušavanja izolatorskog svojstva ulja. Zato se na ulasku zraka u konzervator postavlja dehidrator. Dehidrator je uređaj koji upija vlagu iz zraka te u konzervator ulazi u potpunosti isušen zrak.

Na uljovod između poklopca kotla i konzervatora postavlja se sigurnosni Buchholzov relej koji u slučaju jakog strujanja ulja (što se može dogoditi zbog iskrenja u transformatoru) signalizira upozorenje.

Kupci ponekad u listama zahtjeva zahtijevaju određen položaj pojedinih priključaka te je zbog toga konstrukcija konzervatora vrlo varijabilna. Iz tog razloga konstruktoru se mora omogućiti brzo i lako prilagođavanje konstrukcije zahtjevima kupca.

4. Računalni program CATIA V5

Svi modeli i cjelokupna parametrizacija napravljena je korištenjem računalnog programa CATIA V5. CATIA V5 opremljena je modulima koji su prilagođeni različitim potrebama korisnika pa između ostalog sadrži i modul Knowledgeware koji omogućava izradu parametarskih modela.

Tvrka Končar – distributivni i specijalni transformatori koristi CATIA-u kao osnovni računalni alat pa je to glavni razlog za odabir ovog računalnog programa za izradu parametarskih modela konzervatora.



Slika 4.1. CATIA by Dassault Systemes

5. Analiza dostupnih konstrukcija konzervatora

Za potrebe ovog rada od tvrtke Končar – distributivni i specijalni transformatori ustupljena je tehnička dokumentacija tri različita konzervatora. U daljnjem tekstu za označavanje navedenih konzervatora koristiti će se oznake 1, 2 i 3. Kako se konzervatori 1 i 2 razlikuju samo u dimenzijama, a konzervator 3 se od njih razlikuje po nešto drugačijoj izvedbi, izvedbe će se u tekstu označavati oznakama Tip A – izvedba s odijeljenim prostorom konzervatora sklopke i Tip B – izvedba bez odijeljenog prostora konzervatora sklopke.

Osnovna razlika koja se javlja između te dvije izvedbe konzervatora jest ta što se konzervator dijeli na dva dijela zbog postojanja posebnog konzervatora za transformatorsku sklopku. Sklopka je zasebni uređaj koji omogućuje promjenu napona transformatora no ona ne mora uvijek imati odijeljen konzervator od ostatka transformatora.

Pri razmišljanju o parametrizaciji konzervatora ovo je jedna od osnovnih razlika koja se mora uzeti u obzir pri usporedbi konstrukcija konzervatora. Na osnovu ovih razlika možemo odlučiti o tome koji od dijelova konzervatora koristiti kao osnovni, tj. onaj koji će biti baza na koju će se vezati ostali dijelovi. I u jednoj i u drugoj izvedbi svi se dijelovi vežu za cilindrični plašt konzervatora pa se taj dio odabire kao osnovni dio modela.

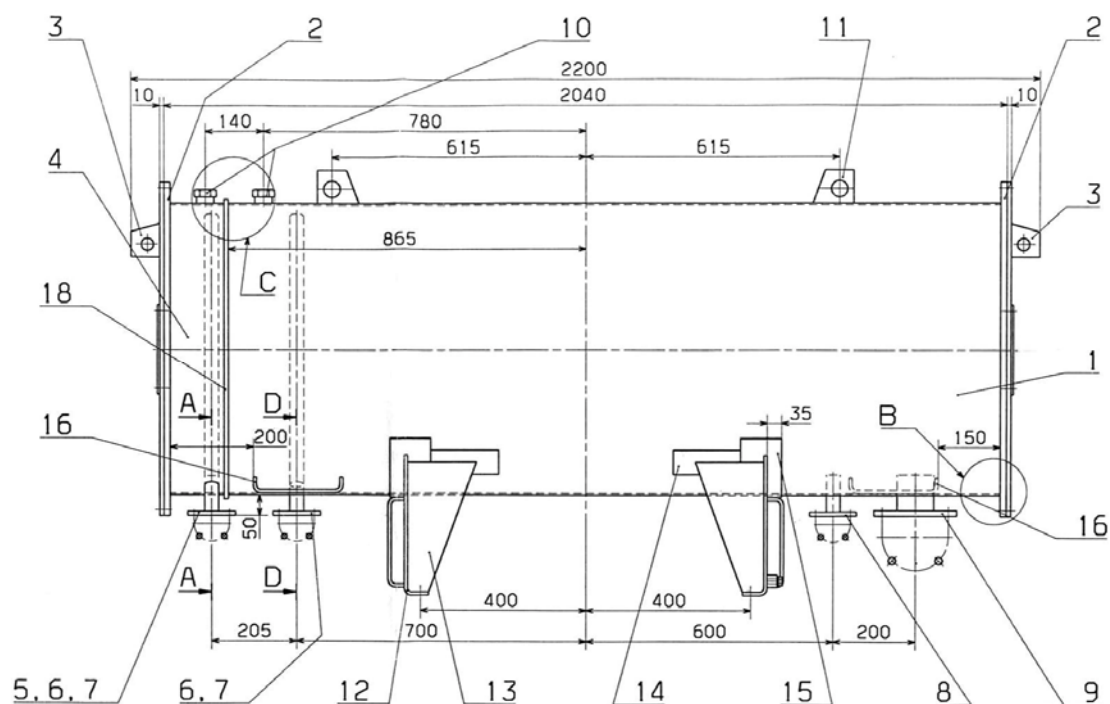
5.1. Definiranje osnovnih razlika između konzervatora

Razlika između dvije izvedbe vrlo je jednostavna pa tako konstrukciju Tipa B dobivamo tako da konstrukciji Tipa A oduzmemo lijevi dio, tj. poziciju 4 s svim dijelovima koji su na nju vezani (slika 5.3.)

Nakon odabira baze moramo razložiti konstrukciju na dijelove i pod sklopove te analizirati kakve se razlike pojavljuju u svakom pojedinom podsklopu jedne izvedbe u odnosu na pod sklop druge. Redoslijed uspoređivanja dijelova počinjemo od dijelova koji su neposredno vezani za osnovni element (plašt konzervatora) konstrukcije.

5.1.1. Konzervator 1

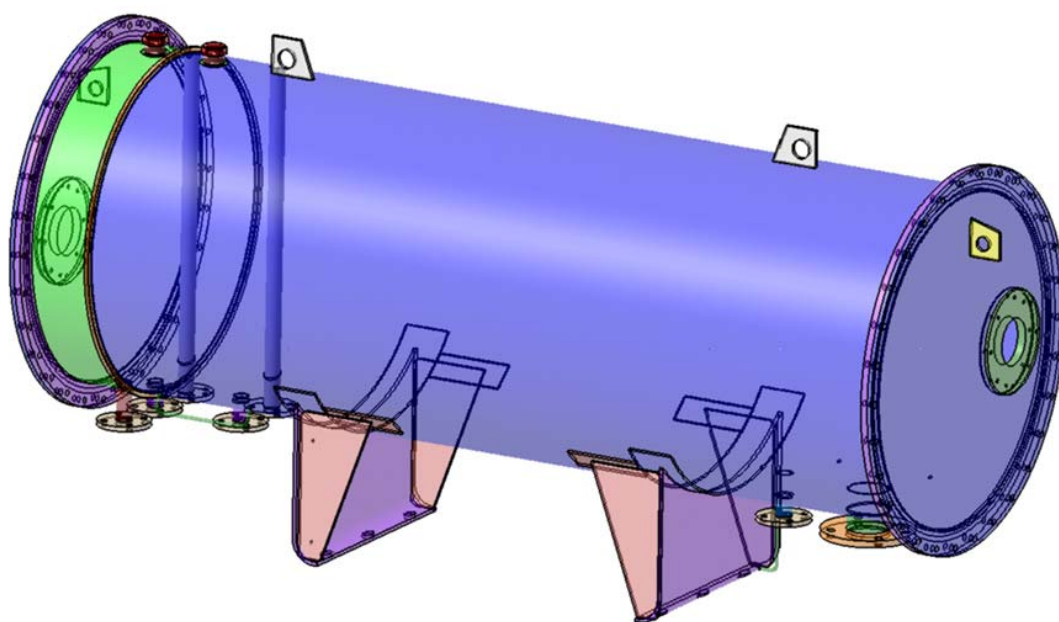
Konzervator 1 izvodi se kao Tip A te kao takav ima odijeljeni dio konzervatora sklopke. Prema tehničkoj dokumentaciji (slika 5.1. i tablica 5.1.) napravljen je računalni model (slika 5.2.).



Slika 5.1. Izvedba konzervatora s odvojenim dijelom za konzervator sklopke - konzervator 1

Pozicija	Naziv dijela
1	Pláš konzervatora
2	Prirubnica
3	Bočna stijena
4	Pláš konzervatora sklopke
5, 6, 7, 8, 9	Priključak
10	Otvor s kapom
11	Kuka
12	Kutnik
13, 14, 15	Ploča
16	Držač
17	Priključak za uzemljenje
18	Okrugla ploča

Tablica 5.1. Pozicije konzervatora 1

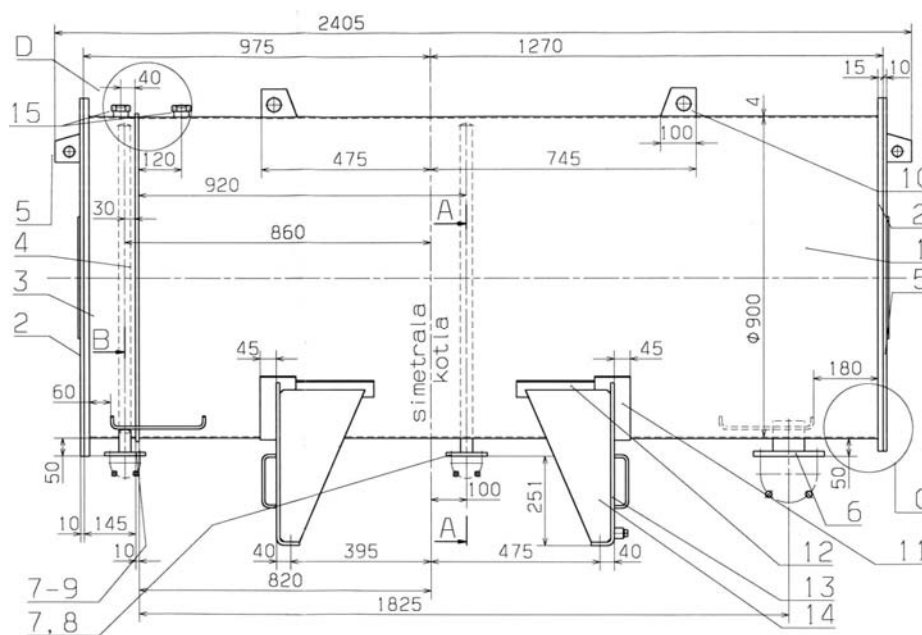


Slika 5.2. Računalni model konzervatora Tipa A - konzervator 1

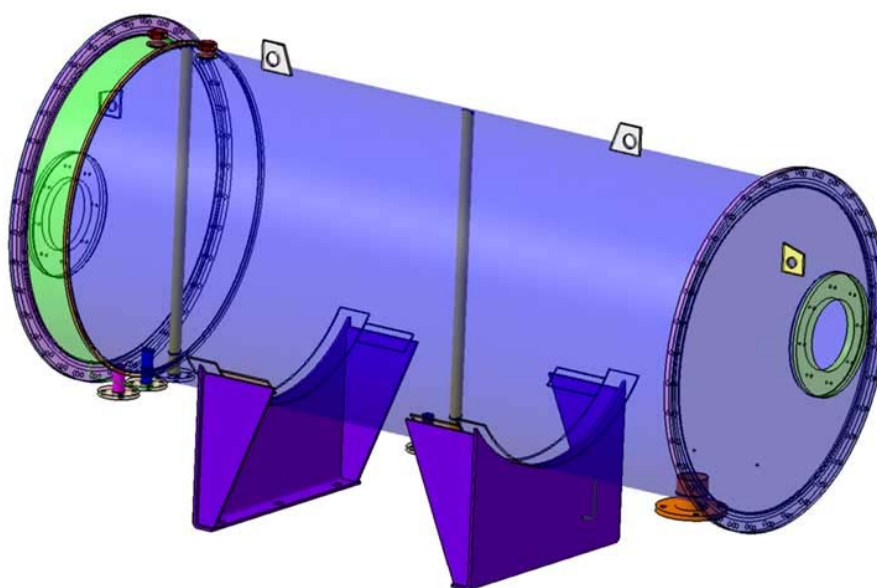
Na 3D modelu se mogu jasno vidjeti osnovni dijelovi konzervatora prema navedenim pozicijama (tablica 5.1.). Plašt konzervatora sklopke (pozicija 4) odmah ukazuje o kojem se tipu konzervatora radi.

5.1.2. Konzervator 2

Konzervator 2 izvodi se kao Tip A i jednako kao konzervator 1 ima odijeljeni dio konzervatora sklopke. Računalni model (slika 5.4.) napravljen je prema tehničkoj dokumentaciji (slika 5.3.). Između konzervatora 1 i 2 osim razlike u dimenzijama pojavljuje se i razlika u položaju priključaka koji se kod konzervatora 2 nalaze između nosača.



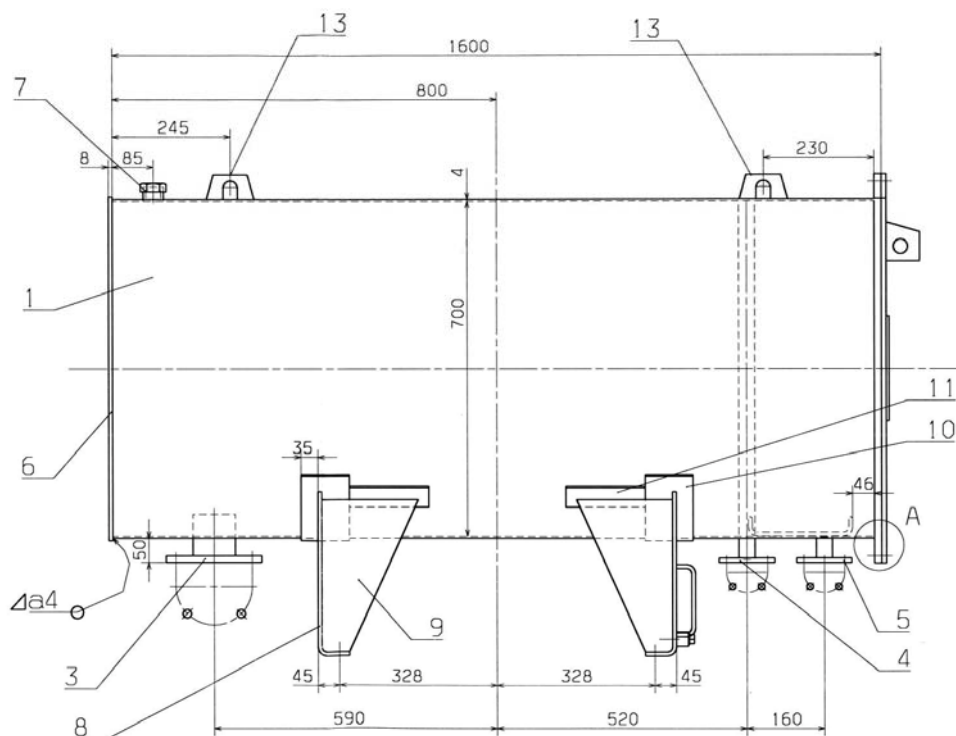
Slika 5.3. Izvedba konzervatora s odvojenim dijelom za konzervator sklopke-konzervator 2



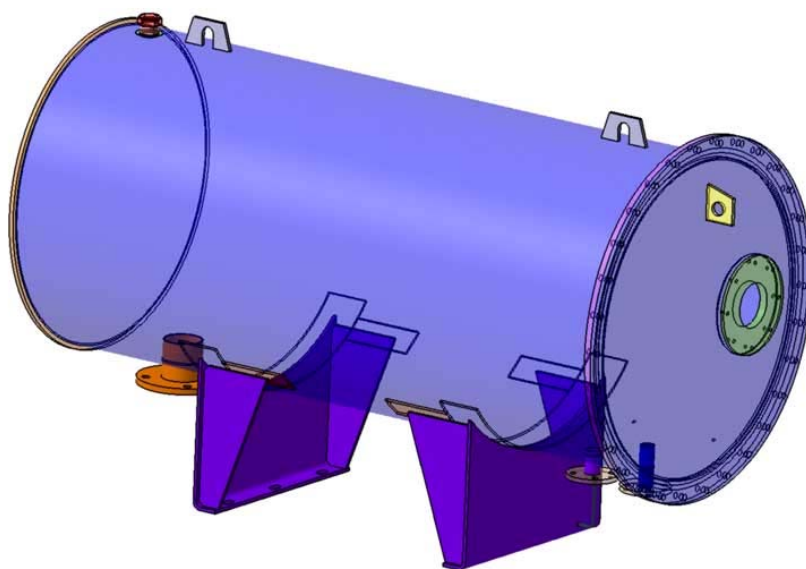
Slika 5.4. Računalni model konzervatora Tipa A - konzervator 2

5.1.3. Konzervator 3

Konzervator 3 izvodi se kao Tip B i nema odijeljeni dio konzervatora sklopke. Prema tehničkoj dokumentaciji (slika 5.5.) napravljen je računalni model (slika 5.6.). I ovdje se, osim osnovne razlike izvedbe, javljaju razlike između položaja priključaka u odnosu na konzervator 1 i 2.



Slika 5.5. Izvedba konzervatora bez odvojenog dijela za konzervator sklopke – konzervator 3



Slika 5.6. Računalni model konzervatora Tipa B – konzervator 3

5.2. Osnovne razlike između konstrukcija

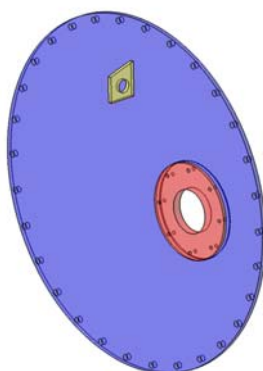
Parametrizacija zahtjeva definiranje razlika između dijelova konstrukcije. Na taj način dobiva se slika o tome koliko je dana konstrukcija složena.

- Prirubnica – osim što u konstrukciji Tipa B imamo jednu prirubnicu manje, ostale se razlike svode na promjenu dimenzija prirubnice te broja provrta na njenom obodu (slika 5.7.).



Slika 5.7. Računalni model prirubnice

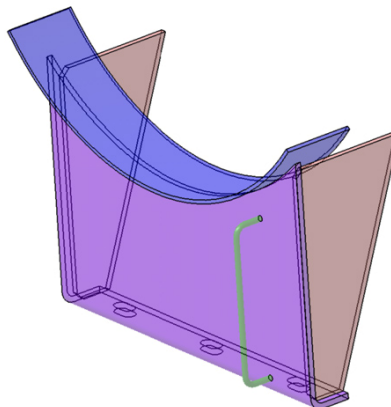
- Bočna ploča – i kod Tipa A i Tipa B radi se o istoj konstrukciji a razlike se opet svode na promjene dimenzija i broja provrta ploče i manje prirubnice (slika 5.8.)



Slika 5.8. Računalni model bočne ploče

- Okrugla ploča – razlika okruglih ploča dva konzervatora drugačijih dimenzija uočava se u promjeni njihovih promjera dok oblik ostale isti
- Kuka – između konzervatora različitog tipa oblik kuke se razlikuje u potpunosti

- Sklop nosača – razlika između sklopa nosača dva konzervatora različitih dimenzija odlikuje se u promjeni dimenzija no oblik ostaje isti (slika 5.9.)



Slika 5.9. Računalni model sklopa nosača

- Držači – oblik držača se ne mijenja kao niti njihove dimenzije no razlika se javlja u broju držača na konstrukciji pa tako Tip A ima dva držača, a Tip B jedan
- Priklučci – pojavljuje se šest različitih vrsta priključaka koji su razmješteni u provrtima na plaštu na različitim udaljenostima od bočnih površina konzervatora. Udaljenost priključaka od središnje ravnine konzervatora je konstantna.

6. Istovjetnost među proizvodima

Prilikom definiranja sličnosti razmatraju se fizikalne veličine kojima se opisuju karakteristike proizvoda, a koje su identične među proizvodima. Prilikom razvoja familije proizvoda primjenom istovjetnosti među proizvodima želi se povećati ponovno korištenje komponenata modela i dokumentacije.

Pojmovi istovjetnost i ponovno korištenje međusobno su povezani u razvoju familije proizvoda (određuje sličnost i raznolikost između zasebnih proizvoda koji sačinjavaju asortiman proizvoda). Značenje pojma istovjetnosti među proizvodima opisuje postojanje nepromjenjivih elemenata (djelova, dokumentacije, itd.) među postojećim promatranim proizvodima, a pojam ponovnog korištenja opisuje mogućnost korištenja tih elemenata u budućem razvoju.

Konzervator spada pod vrstu *pojedinačnih proizvoda*. Pojedinačni proizvodi konstruirani su samo jednom i njihova konstrukcija se više ne mijenja tijekom životnog vijeka proizvoda. Oni su rezultat individualnih projekata dogovorenih za poznatog naručitelja. Cilj ovih proizvoda je ispunjavanje zahtjeva individualnog naručitelja. Takvi proizvodi su nestandardizirani i jedinstveni za jednu narudžbu. Primjer ovakvih proizvoda su dijelovi energetskih postrojenja kao što su turbine, generatori, transformatori, itd.

Kao takvi, transformatori su vrlo pogodni za računalnu parametrizaciju jer se na taj način konstrukcija može prilagoditi danim zahtjevima bez izrade novog modela.

Klasifikacija familija proizvoda napravljena je s obzirom na promjene u arhitekturi familije proizvoda i vremena pojava varijanata familije proizvoda na tržištu. S obzirom na takvu klasifikaciju transformatori se svrstavaju u *familiju proizvoda s istovremenim varijantama proizvoda*. Takva familija opisuje varijante proizvoda koje su istovremeno konstruirane i čija se konstrukcija ne mijenja tijekom vremena. Primjer ovakve familije proizvoda čine varijante proizvoda koje se razlikuju na temelju mjerila.

Parametrizacija omogućava mijenjanje konstrukcije s obzirom na mjerilo te se na taj način opet gubi potreba za izradom novog modela, a time se skraćuje vrijeme potrebno za modeliranje već postojećeg modela drugačijih dimenzija.

U slučaju primjera modela konzervatora većina razlika očituje se samo u dimenzijama, dok je broj složenijih razlika zanemariv pa možemo reći da su proizvodi međusobno slični.

7. Pravila parametriziranja

Sklop konzervatora podijeljen je na osamnaest pozicija (Tablica 5.1.) koje se u računalnom modelu modeliraju kao zasebni dijelovi te se njihovim spajanjem dobiva konačni sklop konzervatora. Pozicije, tj. dijelovi modela konzervatora moraju se parametrizirati zasebno što znači da svaku promjenjivu dimenziju nekog dijela moramo definirati kao parametar u samom modelu tog dijela. Na taj način dobivamo strukturirano stablo parametara za svaki pojedini dio konzervatora.

Da bi se mogli upustiti u samo parametriziranje moramo znati koje su dimenzije stalne za cijelu familiju proizvoda, a koje se mijenjaju. One dimenzije koje se mijenjaju uvode se u model kao parametri. Prema tome parametar je dimenzija koja može poprimiti bilo koju vrijednost unutar dopuštenih granica.

Prilikom modeliranja samog dijela konstrukcije potrebno je razmotriti u kakvim je on odnosima s ostalim dijelovima (udaljenost, kutni zakret), te na koji način se za njih veže. Potrebno je modelirati dijelove tako da ih je moguće parametrizirati, a parametre definirati tako da se omogući njihovo jednostavno korištenje.

7.1. Zadavanje parametara

Parametri se mogu zadavati u različitim dimenzijama (kao masa, volumen, vrijeme itd.). Pri parametrizaciji konzervatora definiraju se parametri duljine, kuta te Boolean logički zaključak – true, false.

- Duljina - definiranje svih udaljenosti među dijelovima i dimenzioniranje dijelova u milimetrima. Takvi parametri se dodjeljuju geometrijskim veličinama kao što su dužina, širina, visina, promjer i slično
- Kut – definiranje kutova u stupnjevima
- Boolean – definiranje postojanja ili nepostojanja određenih dijelova za pojedinu izvedbu konzervatora

Parametri mogu biti zadani i preko formula pa se tako korisniku npr. omogućuje unos vrijednosti promjera umjesto polumjera, koji je standardna postavka programa, na taj način da se vrijednost množi sa dva u samoj definiciji parametra.

7.2. Eksterni parametri

Povezivanje dimenzija dva dijela koji su u kontaktu (izravnom ili neizravnom) dobivamo eksterne parametre. Eksterni parametar se pojavljuje u stablu onog dijela koji je vezan za neki drugi, njemu bazni dio.

Pomoću takvih parametara dva dijela ostaju u vezi bez obzira na promjenu ostalih dimenzija konstrukcije. I takvi parametri mogu biti zadani formulama.

7.3. Pravila (Rules)

Pri definiranju tipa konzervatora potrebno je definirati koji se dijelovi pojavljuju kod konzervatora tipa A koji kod konzervatora tipa B. To se definira korištenjem opcije *rules*. Pomoću opcije *rules* vežemo se izravno na unaprijed definirane parametre tipa *Boolean* te upisujemo algoritam definirajući koji će dijelovi biti aktivni – *true* ili neaktivni – *false*. Pomoću ove opcije određuje se i aktivnost pojedinih priključaka u željenim provrtima.

7.4. Tablica

Vrijednosti parametara mogu se definirati korištenjem tablice. Tablica može biti napisana u Microsoft Office Excel-u. Parametri napravljeni u Excel tablici mogu se povezati s unaprijed definiranim parametrima računalnog programa Catia-e. U tablicu korisnik upisuje željene vrijednosti ponuđenih parametara i na taj način manipulira modelom bez izravne intervencije na njemu. Takav način dodjeljivanja vrijednosti parametrima olakšava upotrebu parametriziranog modela. Omogućuje se dodavanje standardnih dijelova popunjavanjem polja vezanih za taj specifičan dio i na taj način se omogućuje proširivanje tablice. Svaki slijedeći korisnik tako dobiva povećanu bazu podataka te mu se olakšava posao i skraćuje potrebno vrijeme oblikovanja modela.

8. Analiza konstrukcijskih pravila koja se koriste tijekom procesa konstruiranja modela konzervatora

Da bi se objasnio postupak parametrizacije modela potrebno je navesti parametre svih dijelova konzervatora. Za svaki dio konstrukcije prvo je potrebno je definirati osnovne geometrijske parametre. Nakon toga potrebno je odrediti međuovisnost između dijelova koji su na neki način vezani (izravno ili neizravno).

8.1. Plašt konzervatora

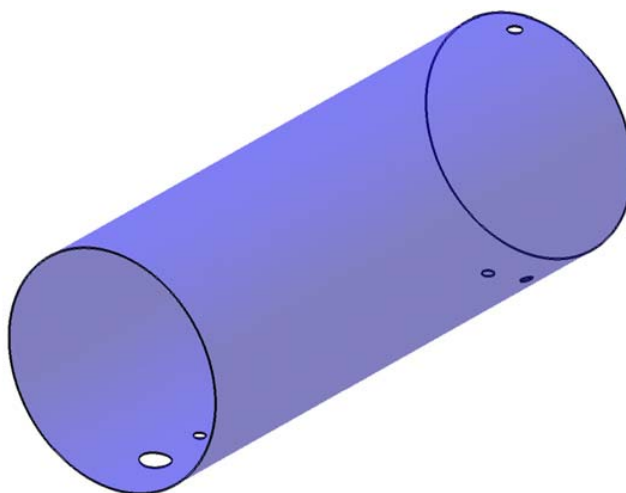
Kao što je već ranije navedeno plašt se koristi kao osnovni dio modela pri parametrizaciji. Iz tog razloga vrlo je važno pravilno definirati njegove parametre. Ne smije se dogoditi da se dimenzije plašta jednog tipa konzervatora definiraju s obzirom na jednu površinu dok se te iste dimenzije plašta kod drugog tipa konzervatora definiraju s obzirom na neku drugu površinu. U takvom slučaju dolazi do nedosljednosti parametriziranja i model se ne može prilagođavati zahtjevima korisnika.

Parametri geometrije plašta Konzervatora su:

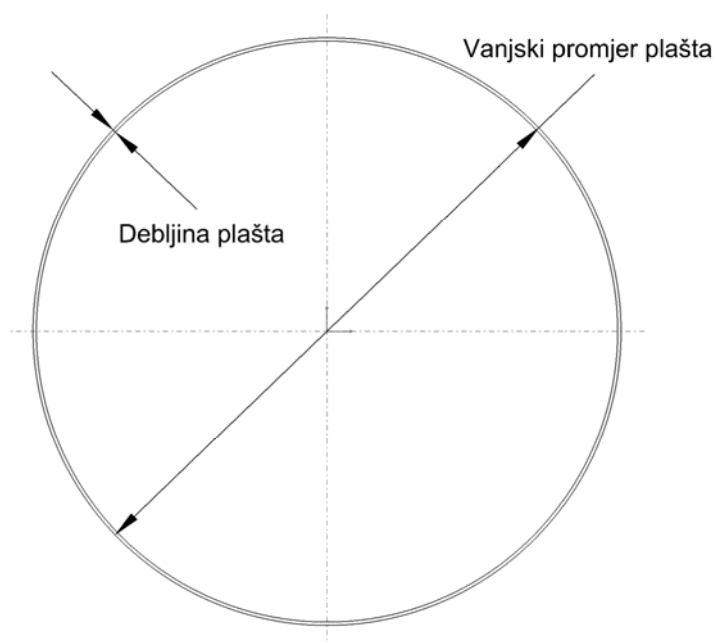
- dužina plašta
- debljina plašta
- promjer plašta
- udaljenost srednje simetrale konzervatora od površine 1*
- udaljenost provrta 8 od površine 1
- promjer provrta 8
- udaljenost provrta 1 od površine 2
- promjer provrta 1
- udaljenost provrta 2 od površine 2
- udaljenost provrta 3 i 4 od površine 1

Računalni model plašta konzervatora i parametri plašta prikazani su na slikama 8.1. - 8.4.

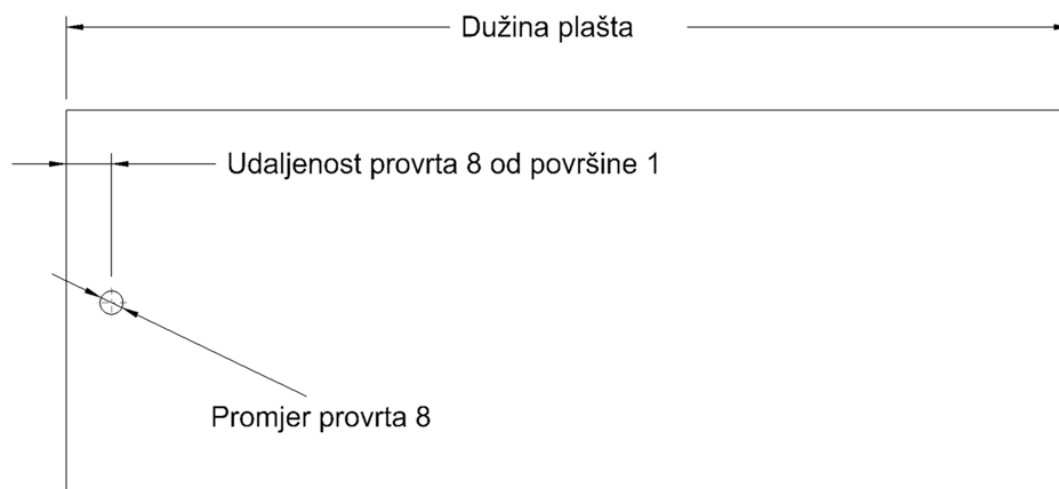
* Površinom 1 naziva se ona površina plašta konzervatora koja je okomita na uzdužnu simetralu valjkaste površine plašta a gledajući tehničku dokumentaciju prolazi krajnjim desnim rubom plašta konzervatora



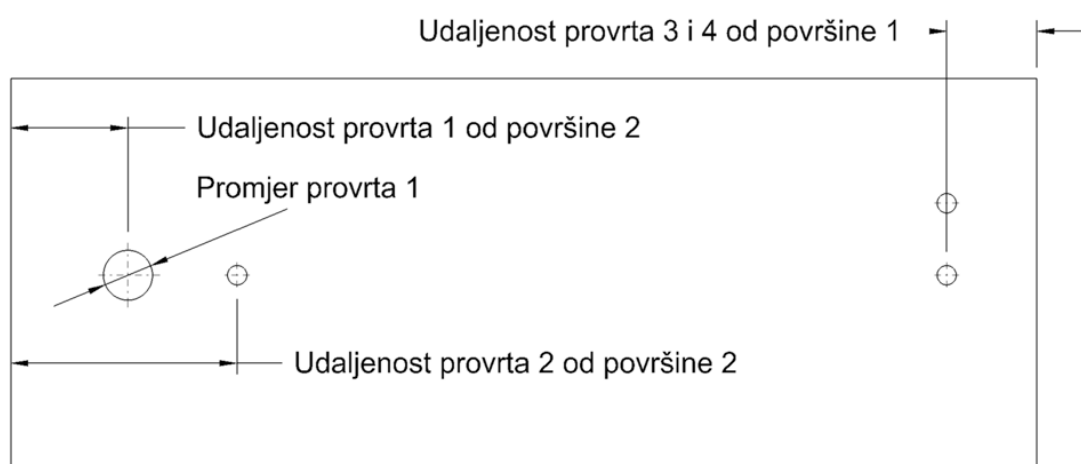
Slika 8.1. Plašt konzervatora



Slika 8.2. Parametri plašta konzervatora – pogled 1



Slika 8.3. Parametri plašta konzervatora – pogled 2



Slika 8.4. Parametri plašta konzervatora – pogled 3

8.2. Prirubnica

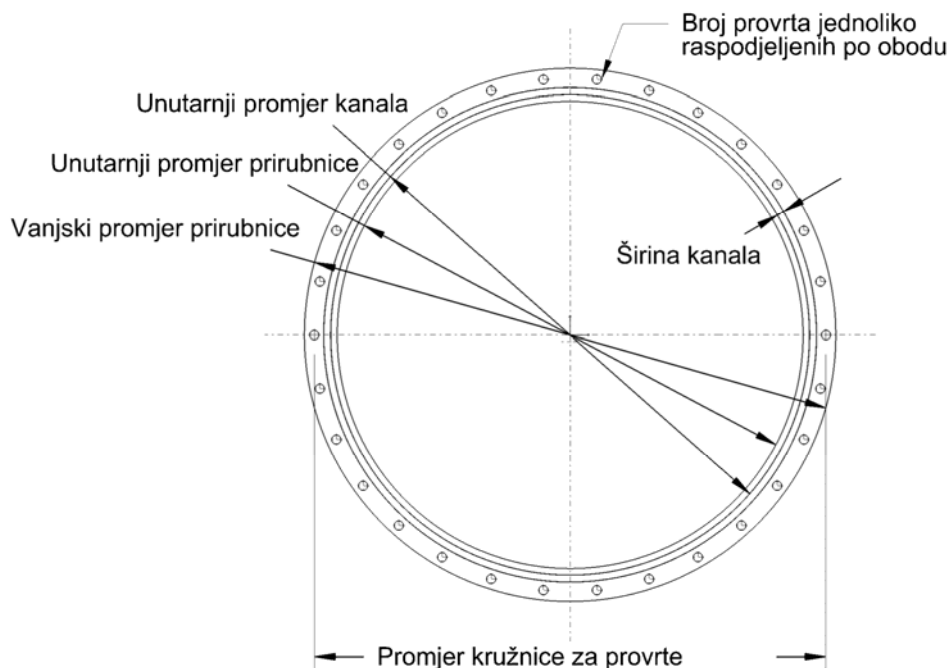
Prirubnica je dio konzervatora koji se izravno veže na plašt. Na slici 7.5. prikazani su njezini osnovni geometrijski parametri. Unutarnji promjer prirubnice vezan je za parametre plašta koji na njega imaju utjecaj. Parametri plašta na koje se veže unutarnji promjer prirubnice su:

- promjer plašta
- debljina plašta

Što znači da veličina unutarnjeg promjera prirubnice ovisi o promjeni veličine ta dva parametra. Oni su međusobno povezani preko formule koja omogućava automatsko prilagođavanje modela prirubnice modelu plašta.

Parametri geometrije prirubnice konzervatora:

- unutarnji promjer prirubnice
- vanjski promjer prirubnice
- debljina prirubnice
- promjer kružnice za provrte
- broj provrta
- unutarnji promjer kanala
- širina kanala
- dubina kanala
- zaobljenje ruba kanala



Slika 8.5. Parametri prirubnice konzervatora

Osim eksternih parametara plašta na koje se veže prirubnica postoje i parametri kojima se upravlja preko tablice. Parametri prirubnice kojima se upravlja preko tablice su:

- broj provrta
- unutarnji promjer kanala
- širina kanala
- promjer kružnice za provrte
- vanjski promjer prirubnice

Kako su prirubnice standardni dijelovi vrlo je korisno dopunjavati tablicu na taj način da se jasno vidi naziv standardne prirubnice na koju se odnose unjete veličine:

Naziv standardne prirubnice	Vanjski promjer prirubnice	Broj provrta	Promjer kružnice za provrte	Unutarnji promjer kanala	Širina kanala
A	810mm	30	780mm	730mm	10.5mm
B	1010mm	36	980mm	930mm	10.4mm
C	810mm	30	780mm	730mm	10.5mm

Tablica 8.1. Prikaz parametara prirubnice u tabličnom obliku

Tako se svakim unosom povećava baza podataka tog dijela te kasnije nije potrebno ponovo upisivati vrijednosti istog standardnog dijela.

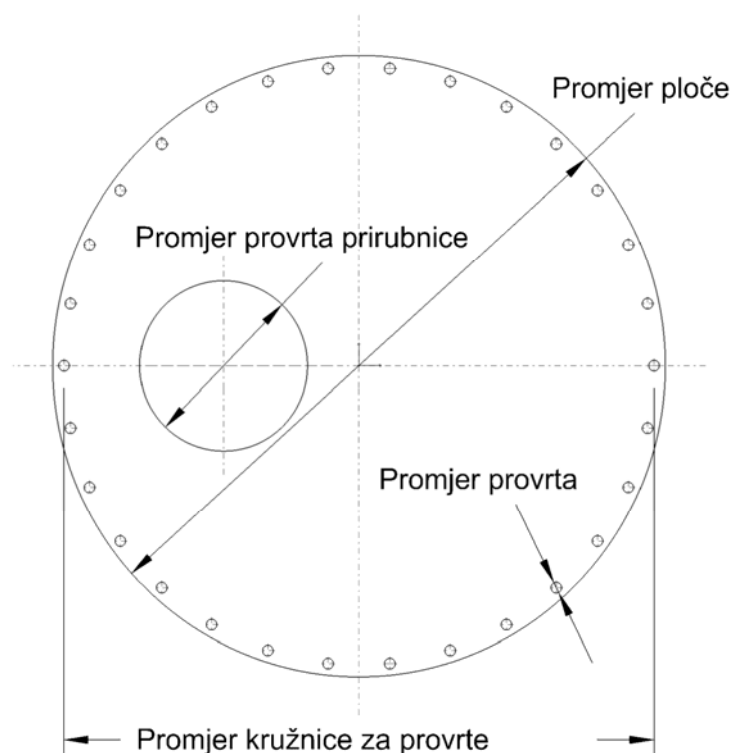
8.3. Okrugla ploča bočne stijene

Okrugla ploča bočne stijene dio je konzervatora koji se izravno veže na prirubnicu. Na slici 7.6. prikazani su njezini osnovni geometrijski parametri. Vanjski promjer okrugle ploče bočne stijene vezan je za parametar prirubnice koji imaju utjecaj na njegovu promjenu. Parametar prirubnice na koje se veže vanjski promjer okrugle ploče bočne stijene je:

- vanjski promjer prirubnice
- broj provrta
- promjer kružnice za provrte

Parametri geometrije okrugle ploče bočne stijene konzervatora:

- promjer ploče
- debljina ploče
- promjer kružnice za provrte
- promjer provrta
- broj provrta
- udaljenost provrta prirubnice od središta
- promjer provrta prirubnice



Slika 8.6. Parametri okrugle ploče bočne stijene konzervatora

Parametri okrugle ploče bočne stijene kojima se upravlja preko tablice su:

- promjer provrta prirubnice
- udaljenost provrta prirubnice od središta

Parametri okrugle ploče bočne stijene se također mogu prikazati tablično za kasniju upotrebu:

Bočna ploča	Promjer provrta prirubnice	Udaljenost provrta prirubnice od središta
A	222mm	179mm
B	347mm	237mm
C	222mm	179mm

Tablica 8.2. Prikaz parametara okrugle ploče bočne stijene u tabličnom obliku

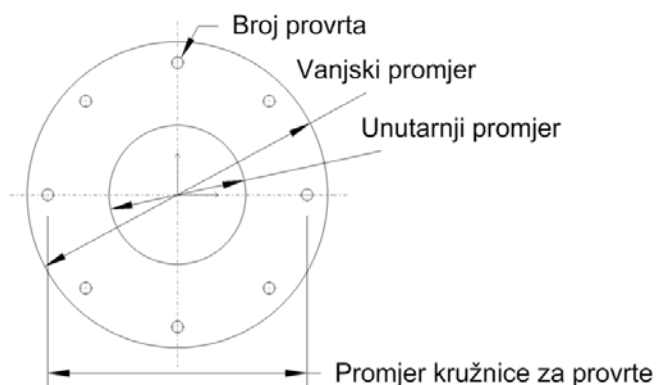
8.4. Prirubnica okrugle ploče bočne stijene konzervatora

Prirubnica okrugle ploče bočne stijene dio je konzervatora koji se izravno veže na okruglu ploču. Na slici 7.7. prikazani su njezini osnovni geometrijski parametri. Vanjski promjer prirubnice okrugle ploče vezan je za parametar okrugle ploče koji imaju utjecaj na njegovu promjenu. Parametar okrugle ploče na koje se veže vanjski promjer prirubnice okrugle ploče je:

- promjer provrta prirubnice

Parametri geometrije prirubnice okrugle ploče bočne stijene konzervatora:

- vanjski promjer
- unutarnji promjer
- debljina prirubnice
- promjer kružnice za provrte
- broj provrta



Slika 8.7. Parametri prirubnice okrugle ploče bočne stijene konzervatora

Parametri okrugle ploče bočne stijene kojima se upravlja preko tablice su:

- debljina prirubnice bočne stijene
- promjer kružnice za provrte na prirubnici
- unutarnji promjer prirubnice

Parametri prirubnice okrugle ploče bočne stijene se mogu prikazati tablično za kasniju upotrebu jer je ona također standardni dio:

Prirubnica	Debljina prirubnice bocne stijene	Promjer kruznice za provrt na prirubnici	Unutarnji promjer prirubnice
A	19mm	190mm	100mm
B	24mm	270mm	200mm
C	19mm	190mm	100mm

Tablica 8.3. Prikaz parametara prirubnice okrugle ploče bočne stijene u tabličnom obliku

8.5. Okrugla ploča

Parametri geometrije zavarene okrugle ploče konzervatora:

- promjer ploče
- debljina ploče

Okrugla ploča nema eksternih parametara jer niti jedna njezina dimenzija nije u direktnoj međuovisnosti s nekom od dimenzija dijelova s kojima je u kontaktu. Njezinom veličinom manipulira se preko tablice, a s obzirom da se njezina debljina ne mijenja (u danim modelima) ostaje samo promjena njezinog promjera. Ipak parametar debljine je uveden zbog mogućnosti proširivanja primjene modela na veći broj različitih konzervatora.

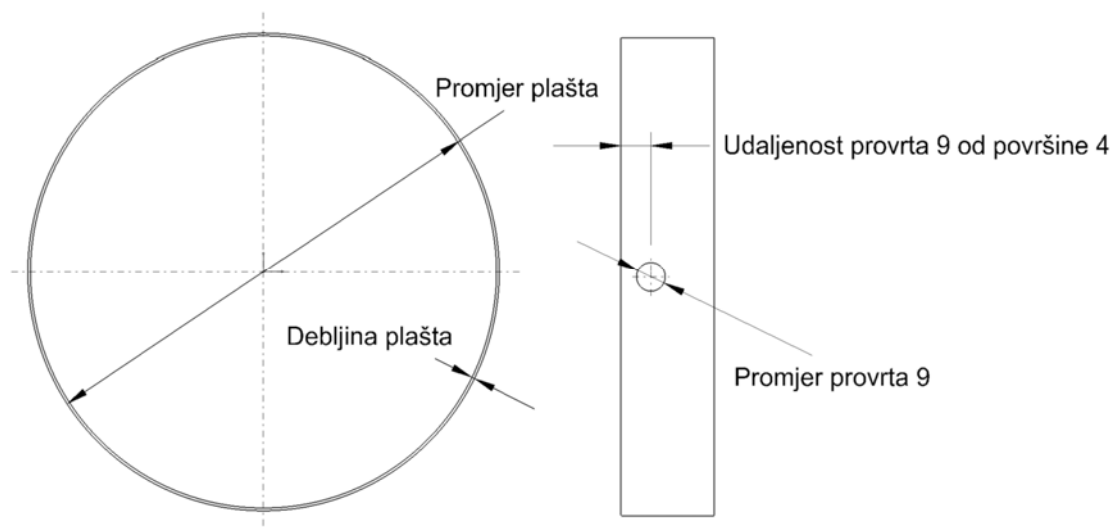
8.6. Plašt konzervatora sklopke

Plašt konzervatora sklopke dio je konzervatora koji se izravno veže, s jedne strane na okruglu ploču, a s druge strane na pribudnicu. Kako niti jedan od ta dva dijela nije referentan za dimenzioniranje ovog dijela, za referencu se uzima osnovni dio konstrukcije a to je plašt konzervatora. Na slici 7.8. prikazani su njegovi osnovni geometrijski parametri. Promjer plašta konzervatora sklopke vezan je izravno za parametar plašta konzervatora. Osim tog osnovnog eksternog parametra pojavljuje se još jedan a to je parametar promjera provrta 9 koji je jednak promjeru provrta 8 pa su i ti parametri izravno vezani:

- plašt konzervatora
- promjer provrta 8

Parametri geometrije plašta konzervatora sklopke:

- promjer plašta
- dužina plašta
- debljina plašta
- promjer provrta 9
- udaljenost provrta 9 od površine 4



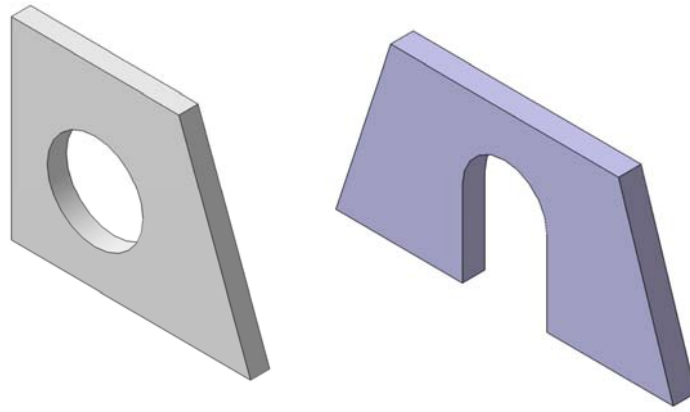
Slika 8.8. Parametri plašta konzervatora sklopke

Parametar plašta konzervatora sklopke kojim se upravlja preko tablice je:

- udaljenost provrta 9 od površine 4

8.7. Kuka

Kuki nisu pridruženi parametri jer se mijenja njezin cijeli oblik:



Slika 8.9. Oblici kuke konzervatora

O tome koji od oblika kuke će biti upotrebljen upravlja se preko pravila (*rules*) kojima se određuje postojanje dijelova kod određenog tipa konzervatora.

8.8. Sklop nosača konzervatora

Nosač konzervatora sastoji se od četiri osnovna dijela: kutnika, dvije ploče i zakrivljene ploče.

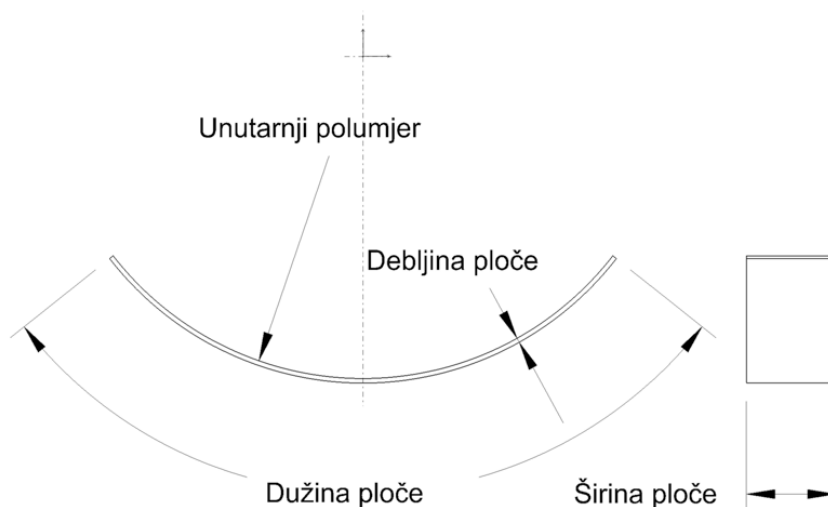
8.8.1. Zakrivljena ploča nosača

Zakrivljena ploča nosača dio je sklopa nosača koji se izravno veže, s jedne strane na plašt konzervatora, a s druge na kutnik. Na slici 8.12. prikazani su njegovi osnovni geometrijski parametri. Unutarnji promjer prirubnice vezan je za parametre plašta koji na njega imaju utjecaj. Parametri plašta konzervatora na koje se veže unutarnji polumjer zakrivljene ploče nosača su:

- promjer plašta
- debljina plašta

Parametri geometrije zakrivljene ploče nosača konzervatora:

- unutarnji polumjer
- debljina ploče
- širina ploče
- dužina ploče



Slika 8.12. Parametri zakrivljene ploče nosača konzervatora

Parametrom duljine luka ploče upravlja se preko tablice.

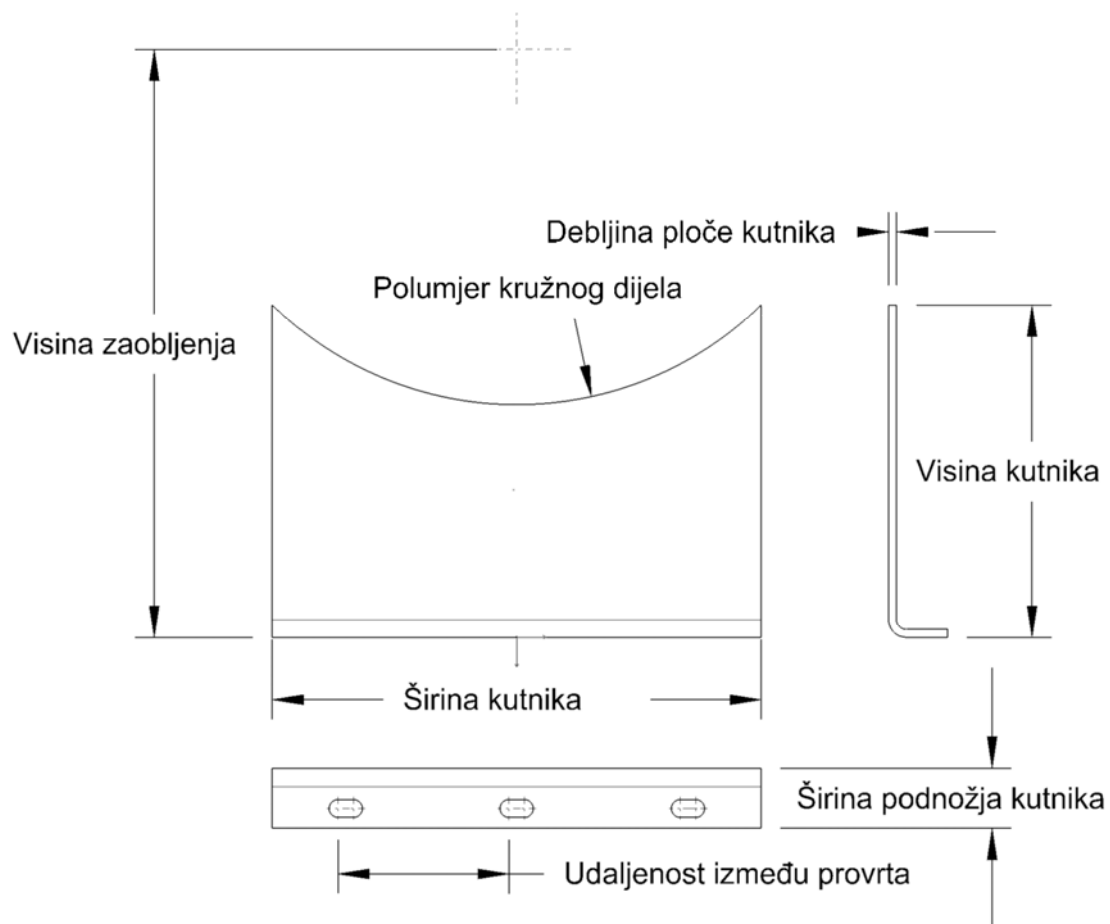
8.8.2. Kutnik

Kutnik je dio sklopa nosača konzervatora koji se izravno veže na zakrivljenu ploču nosača. Na slici 8.1. prikazani su njegovi osnovni geometrijski parametri. Polumjer kružnog dijela vezan je za parametre kružne ploče koji na njega imaju utjecaj. Parametri kružne ploče na koje se veže polumjer kružnog dijela su:

- unutarnji polumjer
- debljina ploče

Parametri geometrije kutnika:

- polumjer kružnog dijela
- širina kutnika
- visina kutnika
- debljina ploče kutnika
- udaljenost između provrta
- širina podnožja kutnika
- visina zaobljenja



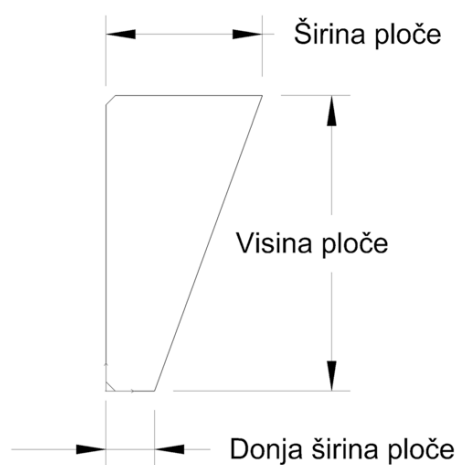
Slika 8.10. Parametri kutnika nosača konzervatora

8.8.3. Ploča nosača konzervatora

Ploča nosača konzervatora nema eksternih parametara. Njezinim parametrima upravlja se isključivo preko tablice.

Parametri geometrije ploče nosača konzervatora:

- visina ploče
- širina ploče
- donja širina ploče



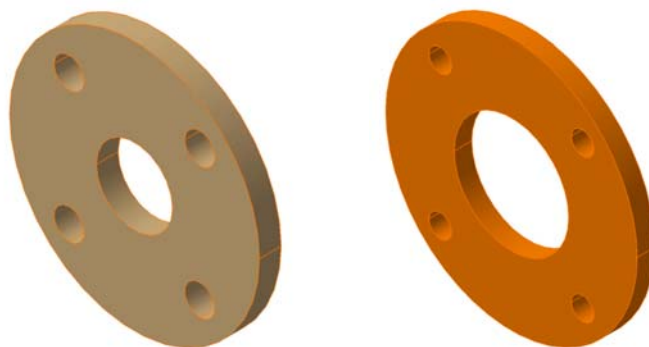
Slika 8.11. Parametri ploče nosača konzervatora

Parametri ploče nosača konzervatora kojima se upravlja preko tablice su:

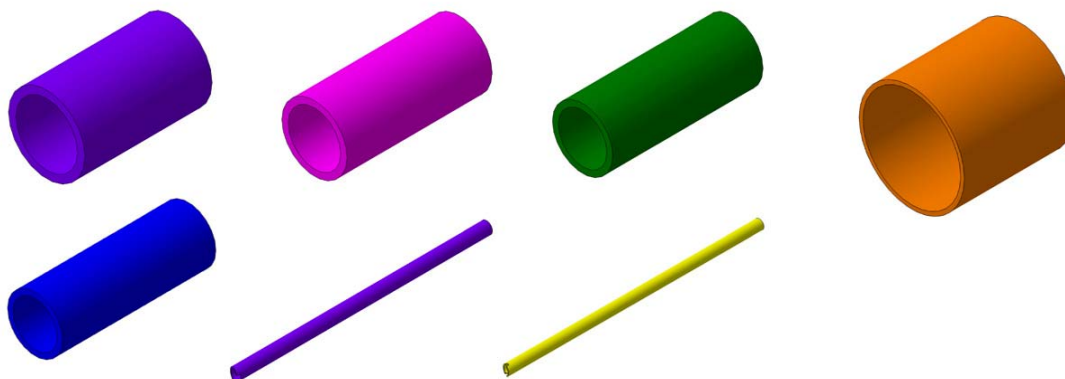
- visina ploče
- donja širina ploče

8.9. Priključci

Priključak je dio konzervatora koji izravno spaja konzervator s kotlom transformatora. Izgled priključka mijenja se ovisno o tipu i izvedbi konzervatora (što većinom ovisi o zahtjevima naručitelja ili o konstruktoru). Priključak je sklop dva dijela. Prvi dio je prirubnica, a drugi cijev priključka. U danoj tehničkoj dokumentaciji pojavljuju se dvije različite prirubnice i šest cijevi.



Slika 8.13. Prirubnice priključaka konzervator. Lijevo DN 25 NP 10, desno DN 80 NP 10.



Slika 8.14. Cijevi priključaka konzervatora

Zbog jednostavnosti korištenja, lakšeg nadopunjavanja baze podataka i bržeg snalaženja korisnika priključci nisu parametrizirani nego je napravljen zajednički sklop u kojem se nalaze sve prirubnice i cijevi. Korisnik upisuje željeni priključak u tablicu te se on pojavljuje na modelu u željenom provrtu.

ZAKLJUČAK

Izradom varijantne konstrukcije samo jednog dijela transformatora može se uvidjeti velika razlika između vremena potrebnog za konstruiranje istog dijela klasičnim metodama konstruiranja i konstruiranjem pomoću 3D računalnog modela opisanog parametrima.

Što se tiče pojednostavnjenja procesa konstruiranja dolazimo do problematike inicijalne konstrukcije tj. parametrizacije samog modela koja se mora izvesti jednom i održavati tijekom vremena. Postupak parametriziranja, naročito ako se radi o vrlo složenim konstrukcijama, zahtjeva mnogo vremena i jako dobro poznavanje konstrukcije što u konstrukcijskom uredu zahtjeva novo radno mjesto. No ako bi se ovakav način konstruiranja uveo u konstrukcijski ured, zbog ubrzavanja vremena potrebnog za izradu tehničke dokumentacije jednog transformatora, ljudi zaposleni na tim radnim mjestima mogli bi se preusmjeriti na izradu inicijalnih konstrukcija. U početku ne bi došlo do ostvarivanja osjetnih razlika između starih i novih metoda no nakon završetka izrade inicijalnih modela za parametrizaciju radnici zaposleni na mjestima izrade inicijalnih modela mogli bi prijeći na druga radna mjesta što je velika dobit za tvrtku s obzirom na manjak obrazovanih ljudi tog kadra u zemlji.

Sagledavajući tijek razvoja računalnih programa koji omogućavaju izradu parametarskih modela i njihovu primjenu u stranim tvrtkama, ukoliko postoji mogućnost izrade parametriziranog modela, to se jako dobro iskorištava da bi se uštedilo vrijeme i na taj način povećao profit tvrtke.

POPIS LITERATURE:

1. Skalicki B., Grilec J.: *Električni strojevi i pogoni*, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu, 2004.
2. PLM University: *CATIA Knowledge Based Engineering*, Student Guide
3. Tehnička dokumentacija tvrtke Končar – Distributivni i specijalni transformatori
4. Pavlić D.: *Kriterij identifikacije zajedničkih komponenata familije proizvoda*, FSB Zagreb - doktorski rad, 2007.