

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Tuomo Yli-Karhu

HYDRAULIIKAN HARJOITUSTYÖT

Työn ohjaaja: Lehtori Mika Korpela
Työn teettäjä: Tampereen ammattikorkeakoulu,
valvojana laboratorioinsinööri Jari Seppälä
Tampere 2006

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Yli-Karhu, Tuomo

Hydrauliikan laboratoriotyöt

Tutkintotyö

28 sivua + 47 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Mika Korpela

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu

Toukokuu 2006

Hakusanat

hydraulijärjestelmät, hydrauliikka, hydrauliteknikka

TIIVISTELMÄ

Hydrauliikan harjoitustyöt ovat opetusmateriaalia auto- ja kuljetustekniikan insinööriopiskelijoille. Harjoitustyöt ja niitä edeltävä teoria valittiin niin, että niiden aihealueet auttavat opiskelijoita ymmärtämään mobilehydrauliikassa esiintyviä hydraulijärjestelmiä.

Työt tehtiin ja suunniteltiin Tampereen ammattikorkeakoulussa vuoden 2006 helmikuun ja toukokuun välisenä aikana.

Ennen harjoituksia on teoriaosuus, jota voidaan käyttää luentomateriaalina opetuksessa.

Työssä on kuusi harjoitusta. Jokaisessa harjoituksessa on osuus jossa esitellään komponenttien piirrosmerkit, toiminta ja merkitys hydraulijärjestelmälle. Opiskelija osallistuu kaavioiden suunnitteluun. Loppuosassa on tehtäviä tai kysymyksiä liittyen toteutettuun tehtävään.

Asennukset tehdään Rexrothin komponenteilla laitevaunuun, harjoitusohjeissa olevien hydrauliikka- ja sähkökaavioiden avulla.

TAMPERE POLYTECHNIC
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation
Yli-Karhu, Tuomo
Engineering Thesis
Thesis Supervisor
Comissioning Company
May 2006
Keywords

Hydraulic Exercises
28 pages, 47 appendices
Mika Korpela
Tampere Polytechnic, Supervisor: Jari Seppälä
hydraulic system, hydraulics, hydraulic mechanics

ABSTRACT

Hydraulic exercises is teaching material for automobile and transport engineering students. Exercises and theory before them was chosen a way that their topics help students to understand hydraulic systems in mobilehydraulics.

Exercises were planed and done in Tampere polytechnic at the time between february and may of the year 2006.

Before exercises there is a part of theory which can be used as a lecturematerial.

Exam contains six exercises. There is a section in each exercise that presents drawingsigns of component, function and meaning for system. Student participates in planning diagrams. At the end of each exercise there is tasks associated exercise accomplished.

Installations are done to devicecarriage with Rexroth components, with a help of hydraulic- and electricdiagrams in exercise instructions.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | |
|---|-----------|
| SISÄLLYSLUETTELO | 4 |
| 1 JOHDANTO..... | 5 |
| 2 HYDRAULIKOMPONENTIT | 6 |
| 2.1 Pumput..... | 6 |
| Yleistä..... | 6 |
| Toimintaperiaate | 6 |
| 2.2 Moottorit | 7 |
| Yleistä..... | 7 |
| Vakio- ja säätötilavuuspumput | 7 |
| Hammaspyörämoottorit | 7 |
| Siipimoottorit..... | 8 |
| Mäntämoottorit | 8 |
| Vääntömoottorit..... | 8 |
| Hydraulimoottorin vuotoliitäntä | 8 |
| 2.3 Sylinterit..... | 9 |
| Yksitoimiset sylinterit..... | 9 |
| Kaksitoimiset sylinterit..... | 11 |
| 2.4 Paineakut | 13 |
| 2.4.1 Paineakurakenteet | 13 |
| Kalvoakku | 13 |
| Rakkoakku..... | 13 |
| Mäntäakku..... | 14 |
| 2.4.2 Käyttösovellukset | 14 |
| Paineen ylläpito | 14 |
| Tilavuusvirran tuotto | 15 |
| Paineiskujen vaimennus | 15 |
| Paine- ja tilavuusvirtaerojen tasaus | 15 |
| Nesteen laajenemisen tuottaman paine-eron tasaus..... | 16 |
| Pumpun tilapäinen korvaaja | 16 |
| 2.5 Venttiilit..... | 17 |
| 2.5.1 Paineventtiilit | 17 |
| 2.5.1.1 Paineenrajoitusventtiilit..... | 17 |
| 2.5.1.2 Paineenalennusventtiilit..... | 17 |
| 2.5.1.3 Paineenohjausventtiilit | 17 |
| 2.5.2 Virtaventtiilit | 18 |
| 2.5.3 Suuntaventtiilit..... | 19 |
| 2.5.4 Erikoisventtiilit | 21 |
| 2.6 Putkistokomponentit | 22 |
| 2.6.1 Putket | 22 |
| 2.6.2 Letkut..... | 22 |
| 2.6.3 Liittimet | 23 |
| 3 HYDRAULIJÄRJESTELMÄN ENERGIAHÄVIÖT | 24 |
| 3.1 Virtaushäviöt | 24 |
| Kitkavastushäviöt | 24 |
| Kertavastushäviöt | 24 |
| 3.2 Vuotohäviöt | 25 |
| 3.3 Mekaaniset häviöt | 25 |
| 4 KUORMANTUNTEVA JÄRJESTELMÄ | 26 |
| 5 Työn suunnittelu / eteneminen | 27 |
| LÄHTEET | 28 |
| Painetut lähteet | 28 |

LIITTEET Harjoitukset (6kpl) ja komponenttiluettelo

1 JOHDANTO

Hydraulijärjestelmässä tuotetaan öljypumpulla mekaanisesti hydraulista energiaa. Pumput voivat olla hammaspyörä-, ruuvi-, siipi- tai mäntäpumppuja. Energiaa voidaan varastoida paineakkuun, joita on monenlaisia riippuen käyttötarkoituksesta. Energiaa siirretään putkilla ja letkuilla toimilaitteille, jotka muuntavat hydraulisen energian takaisin mekaaniseksi energiaksi. Laitteet voivat olla esimerkiksi sylintereitä, jotka muuntavat energian lineaariseksi liikkeeksi, tai moottoreita, jotka muuntavat energian pyöriväksi liikkeeksi. Toimilaitteen liikkeen suuntaa, nopeutta ja voimaa voidaan ohjata erilaisilla venttiileillä, kuten: suuntaventtiilit, paineventtiilit ja virtaventtiilit. Järjestelmän ylläpitoon tarvitaan järjestelmää huoltavia laitteita. Suodattimet huolehtivat öljyn puhtaudesta. Lämmönsiirtimet jäädyttävät öljyä. Säiliössä öljy tasaantuu.

Hydraulisen järjestelmän etuna on suunnittelun vapaus ja komponenteilla hyvä teho-painosuhte. Teho on helppo siirtää sen tuottokohdasta toimilaitteelle sopivaa reittiä putkilla ja letkuilla. Kun komponentit ovat pieniä, myös laitteisto on pieni ja kevyt. /1, s.11/

2 HYDRAULIKOMPONENTIT

2.1 Pumput

Yleistä

Pumpuilla mekaaninen energia muunnetaan hydrauliseksi. Yleensä pumpuissa energianlähteenä on sähkö- tai polttomoottori jolloin mekaaninen energia on pyörivää liikettä. /1, s.92/ Pumppu kehittää tilavuusvirran, paine alkaa kehittyä, kun öljy etenemistä vastustetaan jollain tavalla. /4, s.45/

Yksisuuntaiset



Vakiotilavuuksiset



Säätötilavuuksiset

Kaksisuuntaiset



Kuva 1. Pumppujen piirrosmerkit

Pumput on jaettu neljään ryhmään rakenteensa perusteella. Eri ryhmät ovat: hammaspyörä-, ruuvi-, siipi- ja mäntäpumput. Erilaisilla rakenteilla saavutetaan erilaisia ominaisuuksia esimerkiksi pumpun hyötysuhteessa, käyttöpaineessa tai säädettävyydessä. Toimintaperiaate näillä pumpuilla on kaikilla sama; öljy suljetaan pumpussa kammioihin, joita avataan vuorotellen pumpun imu- ja paineliitännöihin. /1, s.92/

Pumput jaetaan myös vakio- ja säätötilavuuksisiin. Kun pumpun moottorin pyörimisnopeus on vakio (monet sähkömoottorit), voidaan tilavuusvirtaa säätää kuitenkin, kun kyseessä on säätötilavuuspumppu. Mobilehydrauliikassa moottorina on yleensä polttomoottori, jolloin pumpun tilavuusvirtaa voidaan säätää säätämällä moottorin pyörimisnopeutta. /1, s.92/

Pumput jaetaan edelleen yksi- ja kaksisuuntaisiin. Yksisuuntaisia pumppuja käytetään, kun toimilaitteen suuntaa ohjataan venttiilien avulla. Kaksisuuntaisella pumpulla voidaan ohjata itsessään toimilaitteen suuntaa.

Toimintaperiaate

Pumput toimivat syrjäytysperiaatteella; pumpussa on kammio, jonka tilavuus muuttuu pumpun pyöriessä. Kun kammion koko kasvaa, paine kammiossa pienenee, jolloin imukanavasta virtaa öljyä sisään, ja kammion täytyttyä imukanava sulkeutuu. Kun kammio pienenee, paine kammiossa kasvaa, ja paineliitännän avautuessa öljy virtaa ulos.

2.2 Moottorit

Yleistä

Hydraulimoottorit muuttavat paine-energian pyöriväksi mekaaniseksi energiaksi. Moottorit ovat hyvin paljon pumppujen kaltaisia. Usein pumppuja voi sellaisenaan käyttää moottorina. /2, s.39/ Hydraulimoottorit jaetaan rakenteensa mukaan kolmeen ryhmään; hammaspyörä-, siipi- ja mäntämoottoreihin. Lisäksi moottorit jaotellaan vakio- ja säätötilavuusmoottoreihin ja yksi- ja kaksisuuntaisiin moottoreihin. Moottorit jaotellaan vielä hitaisiin, keskinopeisiin ja nopeakäyntisiin moottoreihin.



Kuva 2. Moottorien piirrosmerkit

Vakio- ja säätötilavuuspumput

Vakio-tilavuusmoottorien kierrostilavuus on vakio. Säätötilavuusmoottoreilla kierrostilavuutta pystytään säätämään. Vakio-tilavuusmoottoreiden kierrosnopeutta säädetään, kun halutaan säätää niiden tilavuusvirran tuottoa. Säätötilavuusmoottorien kierrosnopeus voidaan pitää samana ja säätää vain kierrostilavuutta, kun säädetään tilavuusvirran tuottoa. /6, s.219/

Hammaspyörämoottorit

Hammaspyörämoottoreita ulko- ja sisäryntöisiä, kuten pumppujakin. Pyörät sivuavat toisiaan ulkokehältään, ulkoryntöisissä moottoreissa. Sisäryntöisissä moottoreissa hammaspyörät ovat sisäkkäin. Ulkoryntöiset moottorit ovat nopeakäyntisiä ja sisäryntöiset hidaskäyntisiä. /6, s.220/

Siipimoottorit

Siipimoottoreita on nopea- ja hidaskäyntisiä. Nopeakäyntisten suuntaa voidaan vaihtaa, siten niissä on myös vuotoliitettä, jonka ansiosta voidaan painetta syöttää molempiin liitäntöihin. Vakiotilavuusmoottoreissa on monikammioinen rakenne. Säätotilavuuksiset siipimoottorit on yksikammioisia. Kierrostilavuuden säätäminen tapahtuu roottorin ja staattorin välistä epäkeskisyyttä säätämällä. Hidaskäyntiset moottorit ovat monikammioisia ja vakiotilavuuksisia. /6, s.222/

Mäntämoottorit

Moottoreita on radiaali- ja säteismäntäisiä. Molemmat ovat vakiotilavuuksisia. Tilavuusvirtaa säädetään akselin mukana pyörivän jakolevyn mukana. Jakolevy kytkee vuorollaan moottorin sylinterit tulo- ja lähtöliitäntöihin, jolloin saadaan aikaan pyörimisliike. /6, s.223/

Vääntömoottorit

Vääntömoottoreissa on suuri vääntömomentti. Vääntömoottorien pyörimisliike on rajoitettu. Kiertymäkulma on alle 360 astetta, riippuen moottorin rakenteesta. Moottorit jaetaan siipi- ja mäntärakenteisiin./6, s.227/

Hydraulimoottorin vuotoliitettä

Hydraulimoottoreissa täytyy olla erillinen vuotoliitettä, johon sen sisäiset vuodot ohjataan. Vuotoöljy voitelee moottorin liikkuvia osia ja se kerääntyy moottorin koteloon. Öljy täytyy johtaa pois kotelosta, ettei sinne synny painetta, joka voisi rikkoa moottorin. /6, s.220/

2.3 Sylinterit

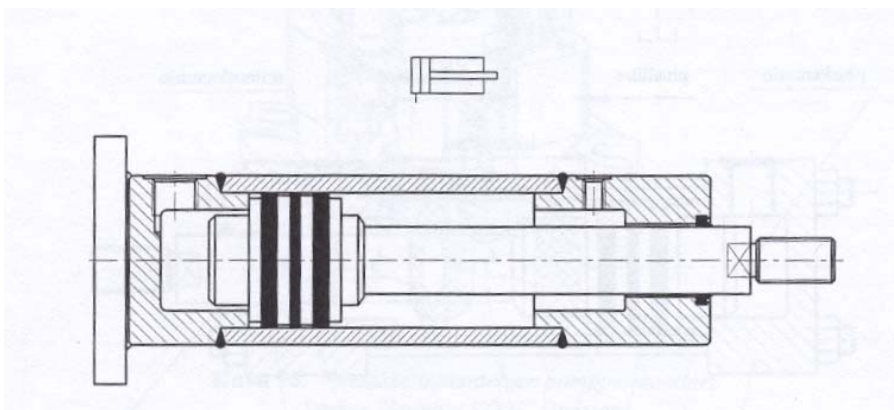
Sylintereitä käytetään hydraulikassa muuntamaan hydraulinen teho mekaaniseksi, suoraviivaiseksi, lineaariseksi liikkeeksi. Teho saadaan sylinteristä joko männänvarresta tai sylinterin jalustasta, riippuen siitä kuinka sylinteri on kiinnitetty kohteeseen. /1, s.141/

Sylinterit jaetaan kahteen pääryhmään; yksitoimisiin ja kaksitoimisiin sylintereihin. Yksitoimiset sylinterit liikkuvat hydraulisesti vain toiseen suuntaan, eli niillä on voimakas liike vain toiseen suuntaan. Yksitoimisten liike toiseen suuntaan tapahtuu ulkoisen voiman avustuksella. Voimana voi olla ulkoinen kuorma, joka on kiinnitettyä sylinteriin, tai sylinterissä voi olla palautusjousi. Kaksitoimisia sylintereitä käytetään hydraulisesti, jolloin saadaan työliike molempiin suuntiin. /1, s. 141/

Yksitoimiset sylinterit

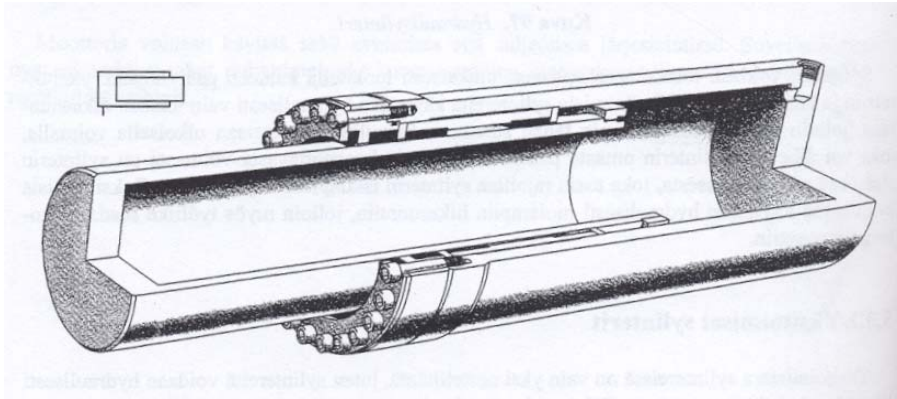
Yksitoimisilla sylintereillä on vain yksi työsuunta ja samalla vain yksi hydrauliliitântä. Tällaisia sylintereitä ovat mäntätyyppiset sylinterit, uppomäntäsylinterit ja yksitoimiset teleskooppisylinterit. /1, s.141/

Sylinterin työliike voi olla työntävä tai vetävä, riippuen siitä kummalle puolelle mäntää öljy ohjataan virtaamaan. Sylinterin männän sen puolisen kammion liittântä johon ei muodosteta painetta, on suojattava niin, että sylinterin sisälle ei pääse epäpuhtauksia, jotka voisivat vaurioittaa sylinterin tiivistepintaa. /1, s.141/



Kuva 3. Yksitoiminen mäntätyyppinen sylinteri

Yleensä yksitoimisten sylintereiden paikalla käytetään vastaavaa kaksitoimista sylinteriä, josta toinen liittântä vain jätetään käyttämättä. /1, s.141/ Vapaa liittântä voidaan näin myöhemmin tarvittaessa käyttää.

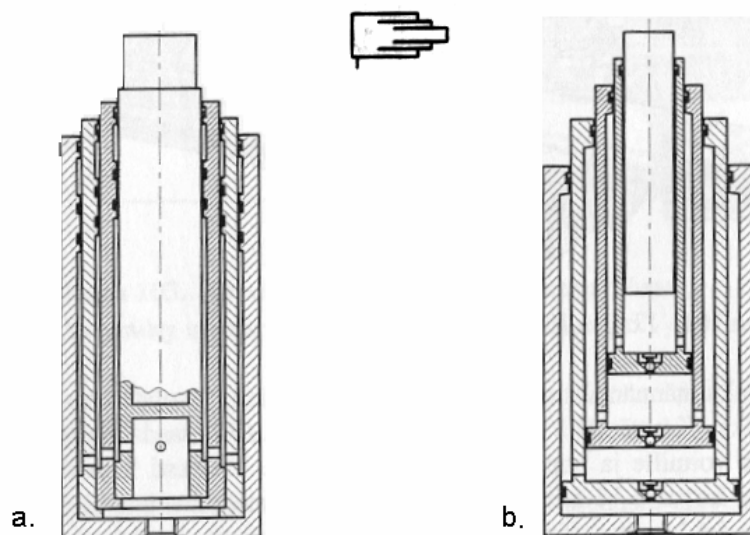


Kuva 4. Uppomäntäsyylinteri ja piirrosmerkki

Uppomäntäsyylinterissä ei ole erillistä mäntää, vaan mäntänä toimii paksu männänvarsi (kts. kuva 4.). Männänvarsi kestää suurta kuormitusta, mutta on painava, ja siksi tarvitsee usein ulkoisen tuennan. Uppomäntäsyylinteriä käytetään trukeissa, nostolavoissa ja kiinnittimissä. /1, s.142/

Yksitoimisissa teleskooppisyylinterissä on useita sisäkkäisiä mäntiä. Tällä rakenteella saavutetaan pitkä ulottuvuus, vaikka asennuspituus on lyhyt. /1, s.143/

Teleskooppisyylinteriä on kahdenlaisia. Kuvan a sylinterissä männät liikkuvat sylinterissä vuorotellen ja eri nopeudella. Kuvan b rakenteessa männät liikkuvat kaikki samaan aikaan ja samalla nopeudella. /1, s.143/

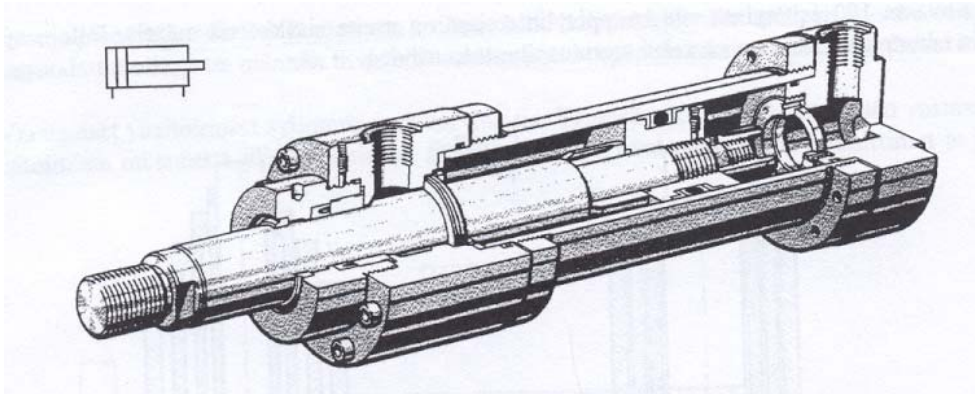


Kuva 5. Yksitoimisia teleskooppisyylinteriä ja piirrosmerkki

Kaksitoimiset sylinterit

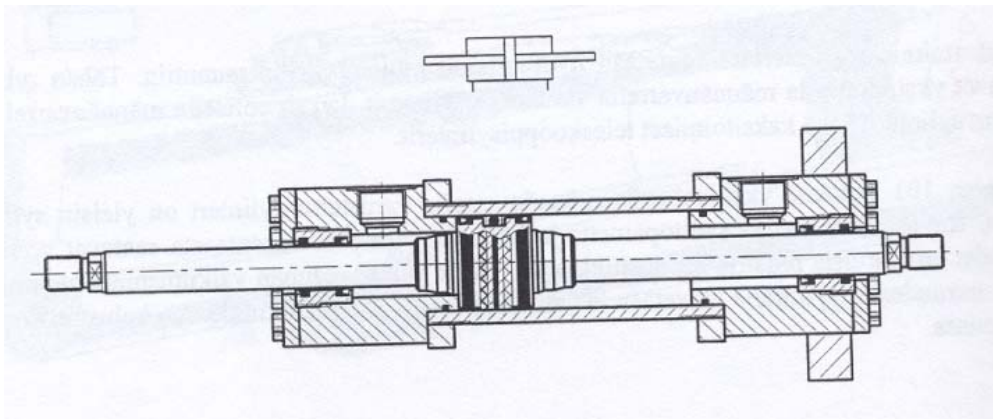
Kaksitoimisia sylintereitä käytetään hydraulisesti molempiin suuntiin. Kaksitoimiset sylinterit jaotellaan yksi- ja kaksipuolisella männänvarrella varustettuihin sylintereihin ja kaksitoimisiin teleskooppisylintereihin. /1, s.143/

Kuvassa# on yleisin yksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri. Sylinterin kahdessa kammiossa on erisuuruiset pinta-alat, jotka vaikuttavat mäntään. Tästä seuraa, että voimat ja nopeudet erisuuntaisilla liikkeillä poikkeavat toisistaan, vaikka paine ja tilavuusvirta on sama. Tämän tyyppisiä sylintereitä käytetään paljon teollisuudessa ja liikkuvissa työkonneissa. /1, s.143/



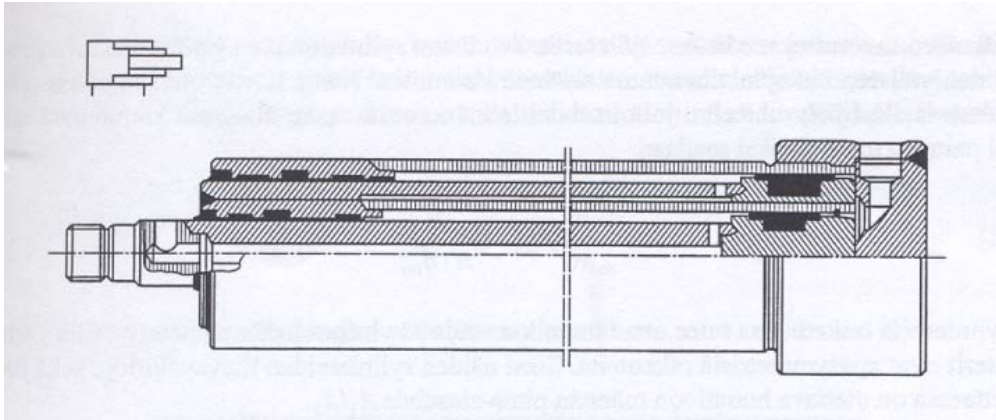
Kuva 6. Yksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri ja piirrosmerkki

Kaksipuolisella männänvarrella varustetuissa sylintereissä yhtä suuret sylinterit vaikutuspinta-alat männän molemmilla puolilla (molempien puolien pinta-alaa pienentää männänvarren poikkileikkauksen pinta-ala). Voimat ja nopeudet on myös helppo säätää samanlaisiksi molempiin suuntiin. Sylinteriä käytetään servo- ja ohjausjärjestelmiin. /1, s.144/



Kuva 7. Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri ja piirrosmerkki

Kaksitoimisissa teleskooppisylintereissä on toinen nesteliitäntä sijoitettu sisimpään männänvarteen, se voi olla myös sijoitettu toiseen pätyyn. Sylinterissä männät tekevät liikkeen eri aikaan ja eri nopeudella. Ojennusliikkeessä ensiksi liikkuu ulommainen mäntä ja paluuliikkeessä ensimmäisenä sisin mäntä. Teleskooppisylintereitä käytetään kipeissä. /1, s.143/



Kuva 8. Kaksitoiminen teleskooppisylinteri ja piirrosmerkki

2.4 Paineakut

Yleistä paineakuista

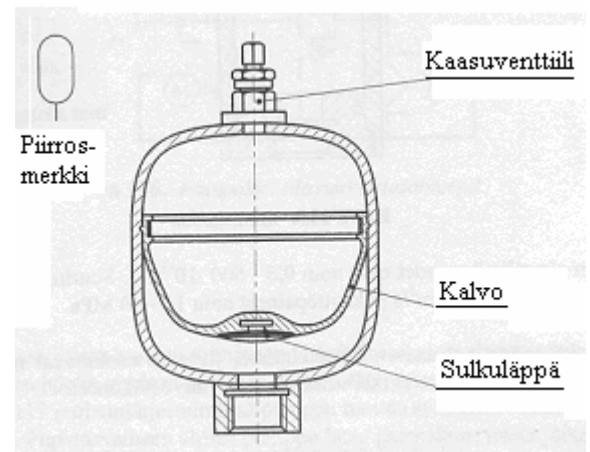
Paineakku on komponentti, joka varastoi hydraulisen järjestelmän pumpun tuottamaa energiaa. Paineakku muodostuu kaksiosaisesta säiliöstä, jossa toisella puolella on hydraulioöljy ja toisella puolella kaasu (yleensä tyyppiä). Kaksi puolta erottaa toisistaan kalvo, rakko tai kelluva mäntä. Akkuun varastoituu energiaa, kun toisella puolella paineellinen öljy virtaa säiliön sisään ja puristaa toisella puolella olevaa kaasua kokoon. Paineakulla voi olla järjestelmässä monia tehtäviä, joita käydään läpi seuraavassa. /1, s.155/

2.4.1 Paineakurakenteet

Paineakut jaetaan kolmeen kategoriaan; kalvo-, rakko- ja mäntäakut. /1, s.156/

Kalvoakku

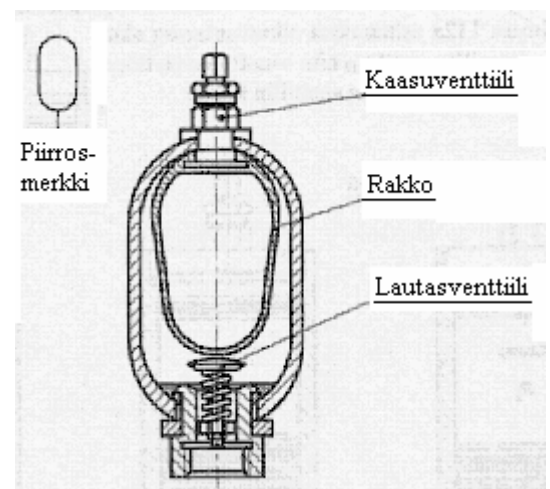
Kuvan 9. esittämässä paineakussa säiliön jakaa sisäseinään kiinnitetty kalvo. Kalvo on puolipallomainen ja sen alapintaan on tehty sulkuläppä, joka peittää nesteliitännän, kun öljy on kokonaan virrannut järjestelmään, ja samalla estää kalvoa vaurioitumasta. /1, s.157/



Kuva 9. Kalvoakku, piirrosmerkki

Rakkoakku

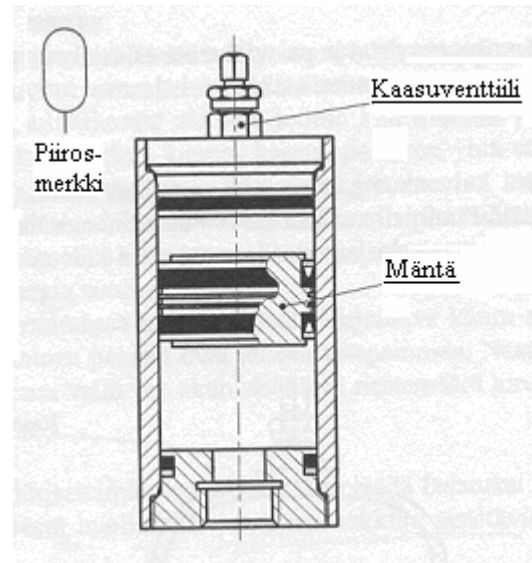
Rakkoakussa säiliön sisällä kaasuventtiiliin on kiinnitetty venyvä rakko, jonka sisällä on kaasua (kuva 10). Nestepaineen muuttuessa rakko laajenee ja supistuu tarvittaessa. Nesteliitännään on kiinnitetty lautasventtiili estämään rakon painautuminen liitännää vasten, tämä estää rakon kulumisen. /1, s.156/



Kuva 10. Rakkoakku, piirrosmerkki

Mäntäakku

Mäntäakussa (Kuva 11.) säiliön kaksi tilaa erottaa toisistaan mäntä, joka pystyy liikkumaan vapaasti vallitsevien paineiden vaikutuksesta, kuitenkin niin, että männän molemmilla puolilla on aina sama paine. /1, s.158/

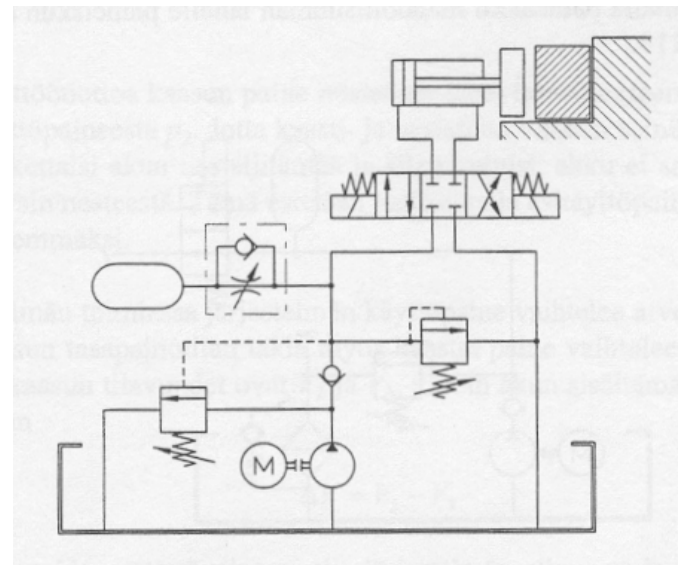


Kuva 11. Mäntäakku

2.4.2 Käyttösovellukset

Paineen ylläpito

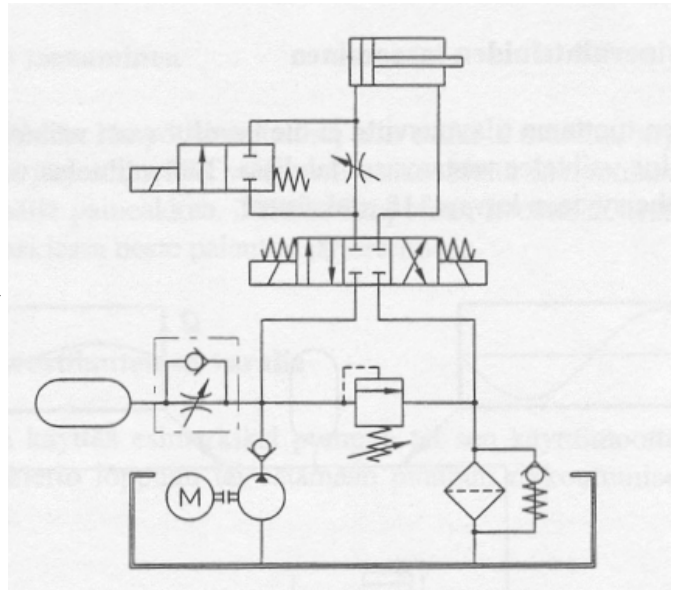
Akku voi olla järjestelmässä paineen ylläpitäjänä pumpun sijasta. Kun esimerkiksi on tarpeen pitää yllä painetta (kappaleen kiinnipito), mutta ei tarvita tilavuusvirtaa, on paineakku hyvä käyttöä hyväksi. Pumppu voi pyöriä vapaalla ja säästää energiaa, ja samalla paineakun paine ylläpitää paineen mahdollisista pienistä vuotoista huolimatta. /1, s.159/



Kuva 12. Paineen ylläpito

Tilavuusvirran tuotto

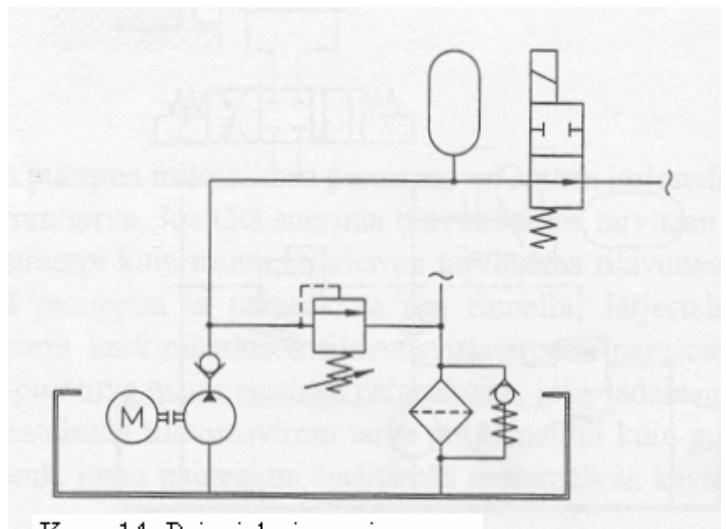
Kun toiminnassa tarvitaan harvoin nopeita liikkeitä, jotka edellyttävät hetkellistä suurta tilavuusvirtaa, paineakku voi tuottaa virtaa pumpun apuna. On halvempi käyttää paineakkua kuin pumppua, joka tuottaisi tarvittavan tilavuusvirran. /3, s.97/



Kuva 13. Tilavuusvirran tuotto

Paineiskujen vaimennus

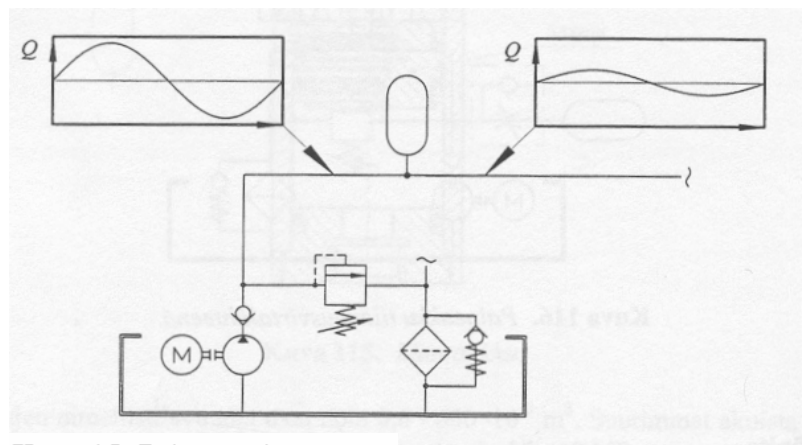
Järjestelmässä esiintyy paineiskuja, kun virran suuntaa muutetaan tai sen liike pysäytetään äkillisesti. Erityisesti suuntaventtiilit aiheuttavat paineiskuja. Venttiilin läheisyyteen asennettu paineakku tasaa paineiskun, kun isku kohdistuu akkuun. /3, s.99/



Kuva 14. Paineiskujen vaimennus

Paine- ja tilavuusvirtaerojen tasaus

Pumput eivät tuota painetta ja tilavuusvirtaa tasaisesti, vaan monesti sykäyksittäin. Paineakku tasoittaa paine- ja virtamuutosten erot. /1, s.160/



Kuva 15. Paine-erojen tasaus

Nesteen laajenemisen tuottaman paine-eron tasaus

Järjestelmän kuumetessa hydraulioöljy laajenee ja voi aiheuttaa paineen kasvamisen.

Paineiikin aikana ylimääräinen öljy virtaa paineakkuun ja alemmalla paineella akusta pois, paine pysyy koko ajan suunnilleen samalla tasolla. /3, s.100/

Pumpun tilapäinen korvaaja

Jos pumppu menee rikki, voidaan usein tuotantolinjan alkanut työkierto ajaa loppuun paineakun ylläpitämän paineen avulla. /1, s.161/

2.5 Venttiilit

Venttiileitä käytetään hydraulikassa paineen ja tilavuusvirran säätöön sekä ohjaamiseen. /4, s.71/ Paineen säätö vaikuttaa toimilaitteen voimaan ja tilavuusvirransäätö toimilaitteen nopeuteen. Ohjaamalla tilavuusvirtaa voidaan vaikuttaa toimilaitteen toimintasuuntaan.

Venttiilit jaetaan seuraaviin neljään ryhmään toimintansa perusteella: paine-, virta-, suunta- ja erikoisventtiilit. /4, s.71/

2.5.1 Paineventtiilit

Paineventtiilejä käytetään järjestelmän toiminnan ohjaamiseen ja paineensäätöön. Toimilaitteen voimaan ja momenttiin voidaan vaikuttaa säätämällä painetta. Pumpun vapaakiertoa ja toimilaitteiden toimintajärjestyksen voidaan ohjata. Paineventtiilit ovat istukka- tai luistityyppisiä. Paineventtiilit voidaan jakaa kolmeen ryhmään toimintansa mukaan; paineenrajoitus-, paineenalennus- ja paineenohjausventtiilit. /6, s.178,179/

2.5.1.1 Paineenrajoitusventtiilit

Paineenrajoitusventtiilit rajoittavat järjestelmän paineen tiettyyn maksimiarvoon. Tällä venttiili suojaa järjestelmän komponentteja rikkoutumiselta. Ilman rajoitinta paine voisi nousta rajatta. Venttiilillä kehitetään järjestelmään paine vastustamalla virtausta, ja samalla rajataan korkein paine. /6, s.180/

2.5.1.2 Paineenalennusventtiilit

Paineenalennusventtiilillä voidaan alentaa painetta osassa järjestelmää. Muualla järjestelmän paineen asettaa paineenrajoitusventtiili. /6, s.181/

2.5.1.3 Paineenohjausventtiilit

Paineenohjausventtiilillä ohjataan järjestelmän toimilaitteiden toiminnan järjestystä. Paineen kasvaessa tiettyyn arvoon venttiili avautuu ja toiminta tapahtuu. Avautumispaine säädetään jousella. /6, s.183/

Vapaakiertoventtiili

Vapaakiertoventtiili ohjaa pumpun tuottaman tilavuusvirran takaisin säiliöön. Painehäviö on paljon pienempi kuin öljyn virratessa paineenrajoitusventtiilin läpi, joten tehohäviöt jäävät pienemmiksi. /6, s.184/

Paineakun latausventtiili

Paineenlatausventtiiliä käytetään paineakkuja ladattaessa. /6, s.185/

Paineenpurkuventtiili

Paineenpurkuventtiiliä käytetään purkamaan paineakkuun varautunut paine, kun hydraulipumppu on pysäytetty. /6, s.185/

Vastapaineventtiili

Venttiili tuottaa negatiiviselle kuormalle vastapaineen ja siten mahdollistaa negatiivisen liikkeen. Negatiivinen kuorma on toimilaitteen liikkeen suuntainen. /6, s.186/

Letkurikkoventtiili

Letkurikkoventtiili estää kuorman karkaamisen ja onnettomuuden letkurikon sattuessa. Tilavuusvirran yhtäkkiä kasvaessa paine voittaa venttiilissä olevan jousen voiman ja sulkee venttiilin. Venttiili avautuu, kun paine palautuu venttiilin toiselle puolelle. /6, s.187/

2.5.2 Virtaventtiilit

Virtaventtiileillä säädetään virtaavan öljyn tilavuusvirtaa ja samalla toimilaitteen liikenopeutta. Tilavuusvirtaa voidaan säätää kolmella tavalla: säädetään pumpun tuottoa säätämällä sen pyörimisnopeutta, säädetään pumpun tilavuusvirtaa säätämällä sen kierrostilavuutta (säätötilavuuspumput), ja säätö voidaan suorittaa kuristamalla tilavuusvirtaa kuristinventtiilillä (vakio-tilavuuspumput). /6, s.187,188/

Vastusventtiilit

Vastusventtiilin tilavuusvirran säätö perustuu virtauspoikkipinta-alan säätöön. Kun kytketään vastusventtiilin rinnalle vastaventtiili, saadaan vastusvastaventtiili, joka säätää virtausta vain toiseen suuntaan. /6, s.191/

Virransäätöventtiilit

Kuristuksen poikki-pinta-alaa voidaan säätää virransäätöventtiileissä. Toimilaitteen haluttu liikenopeus voidaan säilyttää kuormituksen ja paineen vaihdellessa. Venttiilissä on mittakuristin jonka avulla toimilaitteen nopeus säädetään sopivaksi. Venttiilinsäätöpiirin avulla tilavuusvirta pysyy samana paineen ja kuormituksen vaihdellessa. /6, s.192/

Virranjakoventtiilit

Venttiilit jakavat virtauksen yleensä kahteen vakiosuhteiseen virtaan. Muutkin jakosuhteet ovat mahdollisia. /6, s.193/

2.5.3 Suuntaventtiilit

Venttiilien avulla tilavuusvirta ohjataan sinne, missä se milloinkin tarvitaan. Virtaus voidaan sallia vain yhteen suuntaan. Virtauksen kulku voidaan myös tarvittaessa pysäyttää siihen tarkoitetulla venttiilillä. Suuntaventtiilit jaetaan toimintansa perusteella kolmeen ryhmään; sulkuventtiilit, vastaventtiilit ja varsinaiset suuntaventtiilit. /6, s.194/

Sulkuventtiilit

Sulkuventtiileitä käytetään kun halutaan sulkea tai sallia öljyn virtaus järjestelmässä. Sulkuventtiilejä ei käytetä virtauksen tai paineen säätöön. Sulkuventtiili voidaan toteuttaa usealla tavalla, riippuen olosuhteista. Korkeassa paineessa käytetään palloventtiiliä. Matalassa paineessa käytetään yleensä läppäventtiiliä. Muita venttiilityyppejä ovat vielä lautaventtiili ja levyluistiventtiili. /6, s.195/

Vastaventtiilit

Vastaventtiili sallii virtauksen toiseen suuntaan ja sulkee virtauksen toiseen suuntaan. Sulkukappaleena käytetään palloa, kartiota, lautasta tai patruunaa. Sulkukappale pidetään jousen avulla kiinni-asennossa. Venttiili sallii virtauksen toiseen suuntaan, kun paineen voima voittaa jousen voiman. /6, s.195/

Varsinaiset suuntaventtiilit

Venttiilejä käytetään, kun on tarve ohjata toimilaitetta eri suuntiin. Venttiilin tilavuusvirran suuntaa voidaan ohjata. Varsinaisia suuntaventtiileitä voidaan ohjata monella eri tavalla; käsin, mekaanisesti, hydraulisesti, pneumaattisesti ja sähköisesti yhdellä tai kahdella kelalla. /6, s.197,198/

Suuntaventtiilin nimi

Suuntaventtiilin nimi kertoo sen ominaisuuksista. Nimi voi olla esim. 4/2-suuntaventtiili. Numero neljä kertoo suuntaventtiilin liitäntöjen määrän. Numero kaksi kertoo liitäntävaihtoehtojen määrän.

Suuntaventtiilien keskiasennot

Venttiilin keskiasento on asento, jossa venttiili lepää automaattisesti, silloin kun sitä ei ole ulkoisesti mitenkään ohjattu.

Suljettu keskiasento

Suljetussa keskiasennossa venttiilin molemmat toimilaiteliitännät ovat suljettuina (A ja B). Toimilaitteen liike on silloin hydraulisesti lukittu. Pientä ryömintäliikettä voi esiintyä vuotojen takia. Myöskin paine- ja säiliöliitäntä ovat suljettuina. Pumpun tuotto ohjautuu paineenrajoitusventtiilin kautta säiliöön. Pumpun pumppaaminen paineenrajoitusventtiiliä vastaan on energiaa kuluttavaa.

Avoim keskiasento

Avoimessa keskiasennossa toimilaitteiden liitännät ovat suljetut (toimilaitteen liike lukittu). Paineliitäntä on yhdistetty säiliöliitäntään, jolloin öljy virtaa vapaasti säiliöön takaisin. Pumppu on energiaa säästävällä vapaakierrolla.

Paineliitäntä yhdistettynä toimilaitteen A-puoleen ja säiliöliitäntään

Pumppu on vapaakierrolla ja toimilaitteen plus-suunta on lukittu.

Avoim kellunta-asento

Venttiilin kaikki liitännät on kytketty yhteen. Toimilaite voi liikkua molempiin suuntiin ulkoisen voiman vaikutuksesta. Pumppu on vapaakierrolla.

Kellunta-asento

Toimilaitteen molemmat liitännät on yhdistettynä säiliöliitántään. Toimilaite voi liikkua molempiin suuntiin ulkoisen voiman vaikutuksesta. Paineliitántä on suljettu, jolloin pumpun tuottama virtaus menee paineenrajoitusventtiilin kautta säiliöön.

2.5.4 Erikoisventtiilit

Erikoisventtiileihin kuuluvat servoventtiilit, proportionaaliventtiilit ja patruunaventtiilit. Venttiileillä voidaan toteuttaa samat toiminnot kuin paine-, virta- ja suuntaventtiileilläkin. Venttiilien säätötarkkuus ja ominaisuudet ovat paremmat kuin muilla venttiileillä. Venttiilit jaetaan rakenteensa mukaan istukka- ja luistiventtiileihin.

2.6 Putkistokomponentit

Hydraulisen tehon siirtoon pumpulta ohjauslaitteille ja edelleen toimilaitteille ja takaisin pumpulle tarvitaan monenlaisia putkia, letkuja ja liittimiä. Putket ja letkut mahdollistavat järjestelmän komponenttien sijoittamisen toisistaan erilleen. Jotta nesteen siirrosta aiheutuvat virtaushäviöt olisivat mahdollisimman pieniä, tulee kuitenkin sijoittaa komponentit mahdollisimman lähelle toisiaan, ja tulee käyttää riittävän suurta virtaustien kokoa. /1, s.323/

2.6.1 Putket

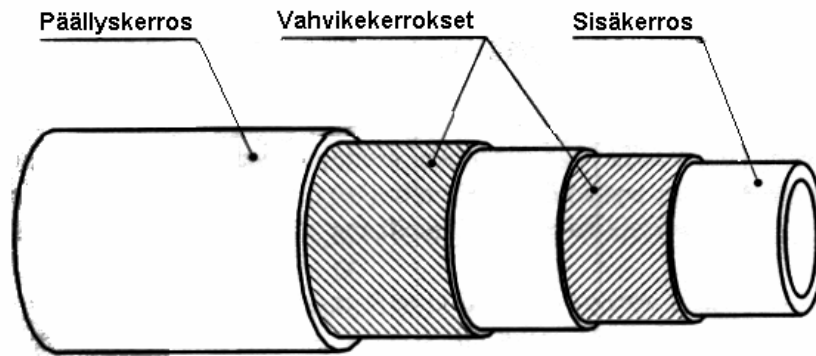
Painejärjestelmissä käytettävien putkien täytyy olla paineen kestäviä, sitkeitä (putkia joudutaan taivuttamaan usein asennettaessa), mittatarkkoja ja pinnanlaadultaan hyviä. Hydraulijärjestelmissä käytetyt putket ovatkin yleensä teräsputkia. /2, s.88/

On tärkeää tietää järjestelmän paine, tilavuusvirta, käytettävä neste ja käytettävät liittimet, jotta osataan valita putki, jolla on oikeaa materiaalia ja seinämänpaksuus on riittävä. Tärkein arvo on järjestelmän työpaine. /1, s.323/

2.6.2 Letkut

Letkuja on edullista käyttää silloin, kun on tarpeen liittää komponentteja joustavasti toisiinsa. Työstä aiheutuvat tärähdykset eivät johdu eteenpäin, jos käytetään letkuja. Letkut vaimentavat myös paineiskuja samaan tapaan kuin paineakut. Letkut kompensoivat lämpölaajenemisesta aiheutuvia pituuden muutoksia. /1, s.325/

Letkut jaetaan sallitun käyttöpaineen mukaan matalapaineletkuihin, keskipaineletkuihin ja korkeapaineletkuihin. Letkuja vahvistetaan vahvikekerroksilla sen mukaan miten paineenkestävä letkusta halutaan. Vahvikemateriaalina on tekstiili- tai metallikudos. Kuva 16. esittää tyypillistä letkun rakennetta. /1, s.325/



Kuva 16. Hydrauliletkun rakenne

Letkun rakenteessa (Kuva 16.) on kolme pääosaa, sisäkerros, vahvikekerros ja päälyskerros. Sisäkerroksen täytyy olla käytettävän öljynkestävää materiaalia. Jos vahvikekerroksia on paljon, letku kestää painetta, mutta samalla letkun joustavuus pienenee. Letkujen käyttö lisää järjestelmän joustoja ja pienentää ominaistaajuutta, tästä johtuen niiden käyttöä tulisi välttää suurissa tarkkuuksissa ja nopeuksissa vaativissa laitteistoissa. /1, s.325-327/

2.6.3 Liittimet

Liittimet jaetaan alaryhmiin, jotka ovat:

Putkiliittimet

Putkiliittimiä on olemassa myös monenlaisia. Liittimet kiinnitetään hitsaamalla, kovajuottamalla, puristus- tai leikkuurengaskiinnityksellä. /2, s.91/

Letkuliittimet

Letkuihin kiinnitetään liittimiä kahdella päätävällä, puristamalla ja kiertämällä. Puristettuja liittimiä ei saa normaaleilla työkaluilla letkusta irti kiinnittämisen jälkeen. Kiertämällä kiinnitettyjä liitoksia voidaan asentaa ja purkaa uudelleen. Liittimiä on olemassa kaikkia putkikokoja varten. Liittimet voivat olla suoria tai kulmaliittimiä. /2, s.91/

Sarjaliitin

Sarjaliittimiä käytetään, kun yhdistetään kaksi suuntaventtiililohkoa toistensa jatkoksi, sarjaan. Ensimmäisen lohkon läpivirtaustie yhdistetään toisen lohkon paineen tulokanavaan niin, ettei se ole yhteydessä toisen lohkon paluukanavaan. /2, s.93/

3 HYDRAULIJÄRJESTELMÄN ENERGIAHÄVIÖT

Häviöllä tarkoitetaan ilmiötä, kun pumpulla kehitetty hydraulinen energia muuttuu muotoaan siten, ettei sitä täysin saada toimilaitteen käyttöön. Hydraulijärjestelmästä häviävä energia muuttuu lähes aina tavalla tai toisella lämmöksi, jolloin tarvitaan tapoja jäähdyttää öljyä.

Järjestelmää suunniteltaessa täytyy ottaa ennalta huomioon tulevat energiahäviöt ja ylimitoittaa energiantuotto sen mukaan.

3.1 Virtaushäviöt

Hydraulijärjestelmissä on virtaushäviöitä, jotka ilmenevät paineen alenemisena. Häviöt jaetaan kahteen ryhmään: *kitkavastushäviöihin*, jotka syntyvät putkiston suorilla osuuksilla, ja *kertavastushäviöihin*, jotka syntyvät komponenteissa, liittimissä ja yleensäkin kohdissa, joissa virtauksen poikkipinta-alaa tai suuntaa muutetaan. /1, s.50/

Kitkavastushäviöt

Häviö syntyy, kun öljyn virratessa putkissa, letkuissa, venttiileissä ja liittimissä nesteen sisäinen kitka eli viskositeetti jarruttaa öljyn liikettä. /4, s.50/ Öljy jarruttaa liikettä ”tarttumalla” kanavien seinämiin.

Kitkan vaikutus kasvaa, jos öljyn viskositeetti kasvaa. Myös tilavuusvirran kasvaessa häviö kasvaa. Putken poikkipinta-alaa kasvatettaessa häviöt pienenevät tehokkaasti. Jos virtauspoikkipinta-alaa pienennetään, öljyn virtausnopeus kasvaa ja osa virtausenergiasta muuttuu lämmöksi. Suunnanmuutokset öljyn virtaukselle tulisi pitää mahdollisimman pieninä. /4, s.25-26/

Kertavastushäviöt

Hydraulijärjestelmän osissa, joissa öljyvirtauksen suuntaa tai nopeutta muutetaan esiintyy kertavastushäviöitä, jolloin öljy ei pysty virtaamaan tasaisesti. Tällaisia osia ovat putkien mutkat, haarat, liittimet, kuristukset ja venttiilit. Kuristus putkessa aiheuttaa pyörteitä öljyyn, jolloin virtaus hidastuu ja paine pienenee. /1, s.56/

3.2 Vuotohäviöt

Vuotoja esiintyy aina hydraulisissa laitteissa, koska osia ei voida suunnitella aivan välyksettömiksi. Vuotaminen pyritään minimoimaan tiivisteillä. Vuotoja voi esiintyä esimerkiksi venttiileissä; luistin ja pesän välisessä vällystilassa, sylinterissä männän ja männänvarren tiivistyksessä, moottorien ja pumppujen välyksissä ja putki- ja letkuliitoksissa. /4, s.29/

3.3 Mekaaniset häviöt

Mekaaniset häviöt ovat kitkahäviöitä, joita esiintyy pumpun ja moottorin laakereissa, tiivisteissä ja ohjauspinnoissa. Kitkahäviön suuruuteen vaikuttaa laitteen rakenne ja asennusasento. Kitkahäviöitä pyritään vähentämään voitelulla. /4, s.31/

4 KUORMANTUNTEVA JÄRJESTELMÄ

Kuormantunteva järjestelmä eli LS-järjestelmä (Load Sensing) tuntee järjestelmää kuormittavan voiman suuruuden ja säättää pumpun paineen sen mukaan. /2, s.79/

Vakioilavuuspumpulla varustetuissa LS-järjestelmissä on pumppua ohjaava ns. shuttiventtiili. Venttiiliä ohjaa sisäinen kuormantuntokanava, joka on yhteydessä suurimpaan kuorman aiheuttamaan paineeseen. Shuttiventtiili säättää paineen vähän yli kuorman tarvittavan paineen. /2, s.79/

Säätöilavuuspumpun sisältämissä järjestelmissä pumpun tuottamaa painetta ohjaavat kuormantuntokanava ja LS-linja. Erillistä venttiiliä säätöä varten ei tarvita. /2, s.79/

5 Työn toteutus

Aiheeseen tutustuminen

Lopputyöni aiheena oli hydrauliiikan harjoitustyöt. Työt oli tarkoitus toteuttaa laboratoriossa. Luonnollisesti ensimmäiseksi tutustuin kirjallisuuteen, jota löytyi ammattikorkeakoulun omasta kirjastosta ja Tampereen kirjastoista. Seuraavaksi luin olemassa olevia harjoituksia ja tein niitä laboratoriossa. Harjoitukset olivat Bosh Rexrothin suunnittelema. Tehdessäni harjoituksia pystyin kuvittelemaan miten itse mieluiten tekisin harjoituksia ja millaiset ohjeet niitä varten tulisi tehdä.

Aihealueiden valitseminen

Aihealueisiin antoivat oman mielipiteensä useat ammattikorkeakoulun opettajat. Aiheiksi pyrittiin valitsemaan oleellisimpia ja yleisimpiä hydrauliiikkajärjestelmiin liittyviä ominaisuuksia ja komponentteja. Päädyin tekemään useat harjoitukset vanhojen harjoitusten pohjalta, muuttaen niitä selkeämmiksi ja helpommin ymmärrettäviksi.

Harjoitusten tekeminen

Aloitin työn tekemisen harjoituksista. Kun harjoitukset olivat valmiina, etsin kirjoista kohtia, joissa on mainittu asioita, jotka ovat tulleet ilmi harjoituksissa. Kohtien perusteella muodostin rungon teoriaosuuden sisällysluettelolle. Kun lukee työn teoriaosuuden ja tekee sitä seuraavat harjoitukset, lukija saa tukevaa pohjaa hydrauliiikan perusominaisuuksille ja pystyy jatkossa sisäistämään helpommin uusia hydrauliiikan ominaisuuksia. Keskityin harjoituksiin yksitellen pyrkien kuvaamaan työn etenemistä yksityiskohtaisesti ja siten että harjoituksen tekijä pystyy harjoituksen suorittamaan jos siihen paneutuu. Harjoitukset jakautuvat kahteen osuuteen; hydraulii- ja virtapiiriin. Kummassakin on useita osuuksia; komponenttien esittely, piirin toimintojen kuvaus, piirin suunnittelu ja piirin asennukset. Asennuksien jälkeen käytetään järjestelmää ja pohditaan miksi toiminnot toteutuvat. Harjoituksien lopussa on kyseiseen harjoitukseen pohjautuvia kysymyksiä, jotka varmistavat, että harjoituksen oleellisimmat asiat ovat tulleet ymmärretyiksi.

6. harjoitus ei ole toteutettu kokonaisuudessaan samalla kaavalla kuin muut harjoitukset. Ja sitä ei toteuteta Rexrothin laitevaunussa, vaan Automation Studio-ohjelmalla. Harjoituksessa perehdytään muutamiin ohjelman perustoimintoihin.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Kauranne, Heikki – Kajaste, Jyrki – Vilenius, Matti, Hydrauliiikan perusteet. WSOY:n graafiset laitokset. Porvoo 1996.
- 2 Louhos, Pekka – Louhos, Juha-Pekka, Ajoneuvo- ja työkonehydrauliikat. Karjala-Dealers ky 1992.
- 3 Mäkinen, Reijo – Hydrauliiikka 2, Kustannusosakeyhtiö Otava. Keuruu 1978.
- 4 Mäkinen, Reijo – Hydrauliiikka 1, Kustannusosakeyhtiö Otava. Keuruu 1977.
- 5 Forselius, Jaakko – Rinkinen, Jari – Vilenius, Matti, Hydrauliiikka 2, Painatuskeskus Oy. Helsinki 1995
- 6 Keinänen, Toimi – Kärkkäinen, Pentti, hydrauliiikka ja pneumatiikka. WSOY – Kirjapainoyksikkö Porvoo 1997.

Hydrauliikan harjoitustyöt

HARJOITUS 1. Aihe: Sylinterin ojennus ja palautus

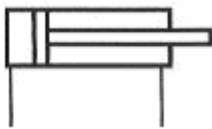
Harjoituksessa sylinteriä ohjataan eteen- ja taaksepäin, Se voidaan pysäyttää mihin tahansa väliasemaan. Ohjauksiin käytetään kolmea painonappia.

1. Hydraulipiiri

1.1 Komponenttien kuvaus

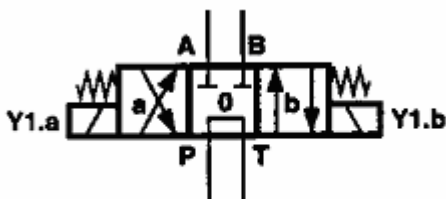
Harjoituksessa tulet tarvitsemaan listassa kuvattuja osia. Piirin suunnittelua auttaa paljon, jos ymmärrät komponenttien toiminnan ja merkityksen hydraulijärjestelmälle.

- **Sylinteri** (kaksitoiminen)



Kaksitoimisia sylintereitä käytetään, kun tarvitaan voimallinen lineaariliike molempiin suuntiin. Yksitoimisessa sylinterissä on vain yksi hydrauliliitäntä, yleensä ojennussuuntaan. Palautusliike voi tapahtua esim. jousen tai sylinterin kuorman aiheuttaman painovoiman vaikutuksesta.

- **Suuntaventtiili 4/3 (vapaakierto keskiasento)**



Kuvassa 2. on kirjainmerkinnät osoittamassa liitäntöjä. **P-kohtaan** liitetään suuntaventtiilille tuleva paineletku. **T-kohtaan** liitetään letku ohjaamaan öljy takaisin asennuspöydän säiliöön. **A- ja B-kohtat** ovat toimilaitteen liikkeen kaksi puolta (sylinterissä ojennus ja paluu). Suuntaventtiili 4/3:n nimessä 4 tarkoittaa liitäntöjen määrää ja 3 liitäntöjen yhdistämisvaihtoehtojen määrää. Piirrosmerkissä vasemmanpuoleiset nuolet esittävät öljyn ohjausta, kun a-puoli on toiminnassa. Oikeanpuoleiset nuolet esittävät toimintaa, kun b-puoli on aktiivisena. Keskiasennossa, kun virtaa ei johdu venttiilille, öljy kiertää paineliitännästä suoraan takaisin säiliöön. A- ja B-liitännät ovat kiinni.

▪ **Paineenrajoitusventtiili**



Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 3.) rajoitetaan järjestelmän paine haluttuun arvoon, ja samalla estetään vauriot, joita rajaton kasvu aiheuttaisi. Venttiili suojaa järjestelmän komponentit ja laitteet. Kun järjestelmän paine ylittää venttiilin ohjauspaineen, venttiili avautuu ja ylimääräinen paine pääsee purkautumaan takaisin säiliöön.

▪ **Vastusvastaventtiili**



Vastaventtiilillä varustettu vastusventtiili eli vastusvastaventtiili kuristaa virtausta toisessa suunnassa ja vastakkaisessa suunnassa päästää virtauksen läpi kuristamatta. Vastusvastaventtiiliä voidaan käyttää, kun halutaan hidastaa toimilaitteen liikettä toiseen suuntaan vaikuttamatta vastakkaisen liikkeen nopeuteen.

▪ **Sulkuventtiili**



Sulkuventtiilejä käytetään yleensä estämään tai sallimaan virtaus järjestelmässä. Harjoituksessa käytettävällä sulkuventtiilillä voidaan myös vaikuttaa tilavuusvirran suuruuteen, eli toimilaitteen liikenopeuteen.

▪ **Painemittari**



Painemittarin avulla voidaan säätää ja tarkkailla järjestelmän painetta.

▪ **Risteyskappale**



Risteyskappaleella voidaan öljy haarauttaa kahteen suuntaan. Piste piirrosmerkissä tarkoittaa linjojen yhdistymistä. Jos pistettä ei ole, on kyseessä vain linjojen ristiinmeno, linjoilla ei ole yhteyttä.

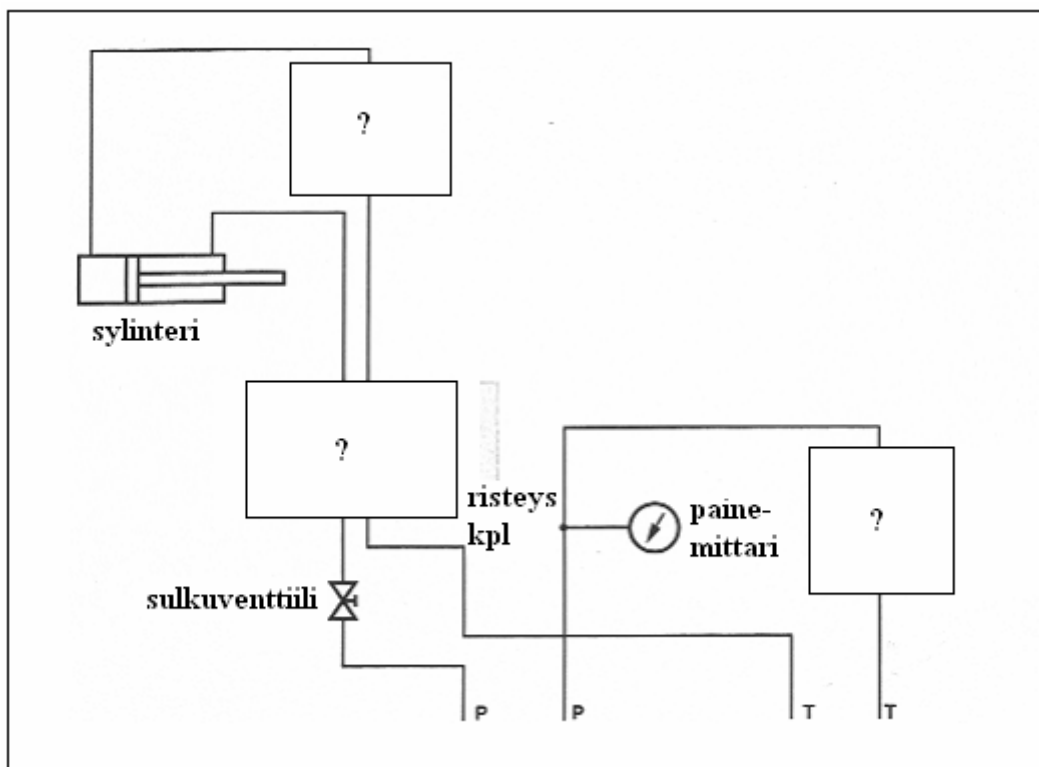
1.2 Hydraulipiirin toiminnot

Piirissä on sylinteri, joka ojentuu ja palautuu sen mukaan kuinka suuntaventtiili 4/3 on ohjattu. Järjestelmään asennetaan paineenrajoitusventtiili ja vastusvastaventtiili, joilla yhdessä voidaan säätää sylinterin liikkeen nopeutta molempiin suuntiin. Paineenalennusventtiilin ja painemittarin avulla voidaan säätää järjestelmän paine.

1.3 Hydraulijärjestelmän suunnittelu

Täydennä alla oleva hydraulipiiri niin, että 1.2- kohdassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit ovat alla olevassa luettelossa.

- Paineenrajoitusventtiili
- vastusvastaventtiili
- suuntaventtiili 4/3

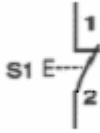


Kuva 1. Hydraulipiirikaavio

2. Virtapiiri

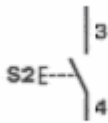
2.1 Virtapiirissä esiintyvät komponentit

- **Painonappi NC**



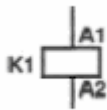
Kuvassa painonappi NC (normaalisti suljettu)

- **Painonappi NO**



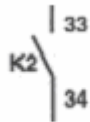
Painonappi NO (normaalisti auki)

- **Releen kela**



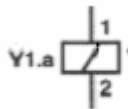
Releen kela, kelan toimiessa releen kärjet toimivat.

- **Releen kärjet**



Releen kärjet (yhdet niistä), toimivat kun kela on vetäneenä.

- **Suuntaventtiilin solenoidikela Y1**



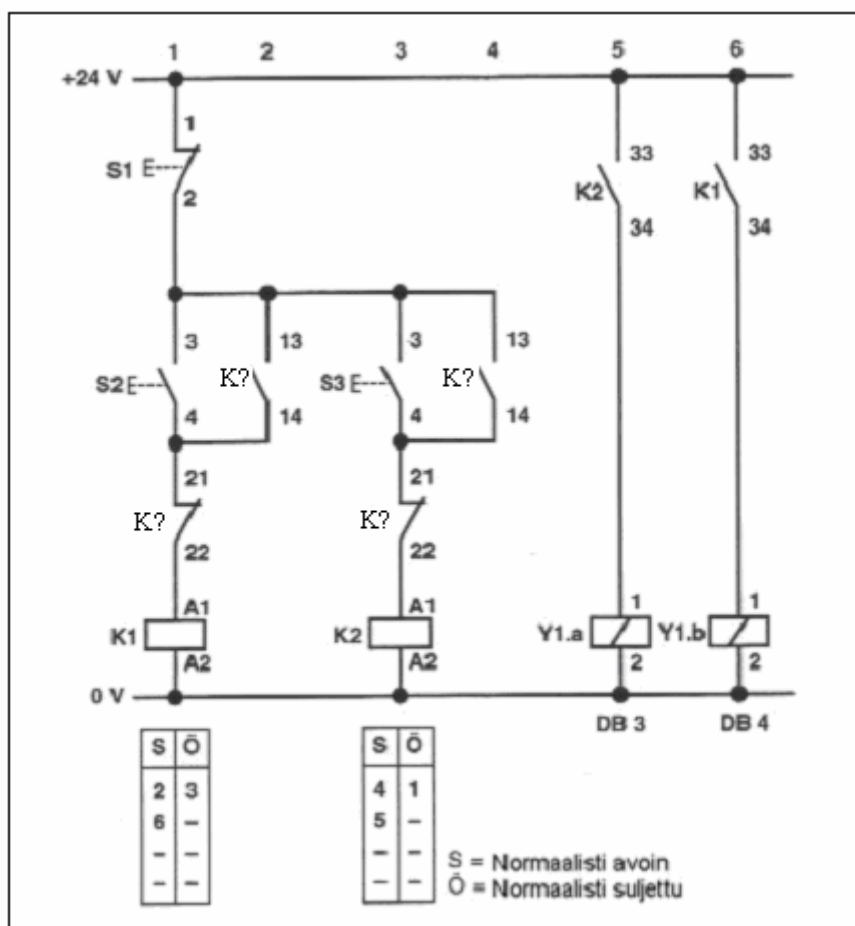
Suuntaventtiilin solenoidikela Y1. Kun Y1 on vetäneenä suuntaventtiilin 4/3 a-puolen toiminta toteutuu (paineliitännästä A-liitännään ja B-liitännästä säiliöliitännään).

2.2 Virtapiirin toiminnot

Toteuta virtapiirikaavio niin, että sylinteri ojentuu, kun painonappia **S2** painetaan ja palautuu, kun painonappia **S3** painetaan. Kun painonappia **S2/S3** painetaan, signaali varastoidaan *pitopiirillä* releitä **K1** ja **K2** hyödyntäen (releen yhdet kärjet vievät virran painonapin yli), samalla releen toiset kärjet katkaisevat virran kulun toisen painonapin piirissä. Painettaessa painonappia **S1** sylinterin liike pysähtyy, kun virransiirto kontaktoreihin estyy.

2.3 Virtapiirin suunnittelu

Alla on lähes täydellinen virtapiirikaavio. Täydennä kysymysmerkkien kohdalle 1 tai 2 sen mukaan kumman releen kärjistä on kohdassa kyse.



Kuva 2. Virtapiirikaavio

3. Asennukset

Ennenkö aloitat asennukset, vielä turvallisuusohjeet.

Hydraulipiiri

- Kiinnitä hydraulikomponentit asennusvaunun sermiin hydraulipiirikaavion mukaan.
- Liitä osat toisiinsa ja vaunun paine- ja paluupuoleen vaunun telineessä olevilla letkuilla.
- Liitäntöjen jälkeen varmista vielä, että letkut ovat kunnolla kiinni (varmistus pienellä vetämisellä).

Virtapiiri

- Varmista aluksi, että virtalähde on suljettu reletaulusta.
- Ota käyttöösi reletaulusta tarvittavat komponentit yhdistämällä ne toisiinsa virtajohdoilla suunnittelemasi virtapiirikaavion mukaan.
- Käytä **punaisia johtoja** positiivisia kytkentöjä varten ja **mustia johtoja** maadoitukseen, tällöin mahdollinen virhe on helpompi löytää.

Tarkistuta asennuksien jälkeen hydraulii- ja virtapiiri opettajalla.

4. Harjoituksen suorittaminen

- Huomioi hätäkatkaisin hydraulivaunussa ja reletaulussa.
- Kytke virta päälle reletaulussa.
- Käynnistä hydraulivaunun pumppu painamalla vasemmalla alhaalla olevasta punaisesta painonapista.
- Säädä järjestelmän paine 40 baariin (katso painemittarista) paineenrajoitusventtiiliä ruuvaamalla. Sulkuventtiili pitää olla säädön aikana kiinni, muutoin öljy ei virtaa paineenrajoitusventtiilin läpi. Säädön jälkeen avaa sulkuventtiili.
- Aseta vastusvastaventtiili keskiasentoon.
- Aja sylinteriä sisään ja ulos (painonapit S2 ja S3) ja pysäytä sylinteri kesken liikkeen painamalla S1.
- Tarkkaile laitteiston toimintaa ja mieti miksi erilaiset toiminnot toteutuvat. Tämän jälkeen sulje virtalähde ja hydraulipumppu.

5. Harjoituksen päätelmät

Täydennä alla olevat lauseet.

- 1) Kun sylinterin liike pysäytetään S1 painonapista ja sylinterin liike pysähtyy, Suuntaventtiili 4/3 on _____-asennossa.
- 2) Kun sylinteri ojentuu, suuntaventtiilin solenoidikelan Y1 _____-puoli on vetäneenä.
- 3) Kun sylinteri palautuu, suuntaventtiilin solenoidikelan Y1 _____-puoli on vetäneenä.
- 4) Sylinterin palautumisnopeutta voidaan säätää säätämällä _____.
- 5) Sylinterin ojentumisnopeutta säädetään säätämällä _____.

Kyllä tai ei:

- 1) Virtaako öljy paineenrajoitusventtiilin läpi kun suuntaventtiili on keskiasennossa? a) Kyllä b) Ei

HARJOITUS 2. Aihe: Sylinterin ojennus ja palautus, lähestymiskytkin

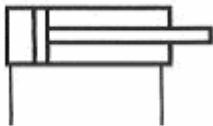
Harjoituksessa painossa kiinni oleva sylinteri ojentuu painonapista. Palautuminen tapahtuu automaattisesti lähestymiskytkimen avulla. Sylinteri voidaan ojentaa kesken palautumisen. Lisäksi lasketaan ja todetaan painearvo, jolla paino nousee.

1. Hydraulipiiri

1.1 Komponenttien kuvaus

Hydraulipiirin kokoamiseen tulet tarvitsemaan seuraavia komponentteja. Harjoituksen suorittamista helpottaa, kun ymmärrät osien toiminnan jo ennenkö alat suunnitella niiden sijoittamista hydraulijärjestelmään.

- **Sylinteri** (*kaksitoiminen*)



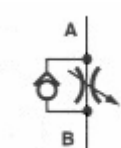
Kaksitoimisia sylintereitä (kuva 1.) käytetään, kun tarvitaan voimallinen lineaariliike molempiin suuntiin. Yksitoimisessa sylinterissä on vain yksi hydrauliliitäntä, yleensä ojennussuuntaan. Palautusliike voi tapahtua esim. jousen tai sylinterin kuorman aiheuttaman painovoiman vaikutuksesta.

- **Paineenrajoitusventtiili**



Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 3.) rajoitetaan järjestelmän paine haluttuun arvoon ja samalla estetään vauriot, joita rajaton kasvu aiheuttaisi. Venttiili suojaa järjestelmän komponentit ja laitteet. Kun järjestelmän paine ylittää venttiilin ohjauspaineen, venttiili avautuu ja ylimääräinen paine pääsee purkautumaan takaisin säiliöön.

- **Vastusvastaventtiili**



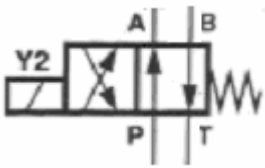
Vastaventtiilillä varustettu vastusventtiili eli vastusvastaventtiili kuristaa virtausta toisessa suunnassa ja vastakkaisessa suunnassa päästää virtauksen läpi kuristamatta. Vastusvastaventtiiliä voidaan käyttää, kun halutaan hidastaa toimilaitteen liikettä toiseen suuntaan vaikuttamatta vastakkaisen liikkeen nopeuteen.

- **Painemittari**



Painemittarin (kuva 6.) avulla voidaan säätää ja tarkkailla järjestelmän painetta.

- **Suuntaventtiili 4/2**



Suuntaventtiili 4/2:n nimessä 4 tarkoittaa liitäntöjen määrää ja 2 liitäntöjen yhdistämisvaihtoehtojen määrää. Venttiilissä on yksi solenoidikela, vasemmalla puolella, eli sähköisesti se voidaan ohjata yhdistämään liitännät ristissä olevien nuolien osoittamalla tavalla. Suorat nuolet osoittavat venttiilin lepoasentoa, jousi pitää venttiiliä tässä asennossa, jos virtaa ei johdu solenoidille.

- **Lähestymiskytkin**



Lähestymiskytkin sisältää anturin, jonka läpi virta kulkee, kun anturi havaitsee kohteen lähetyvillään, eli yhdistää virran silloin kuten normaali katkaisija.

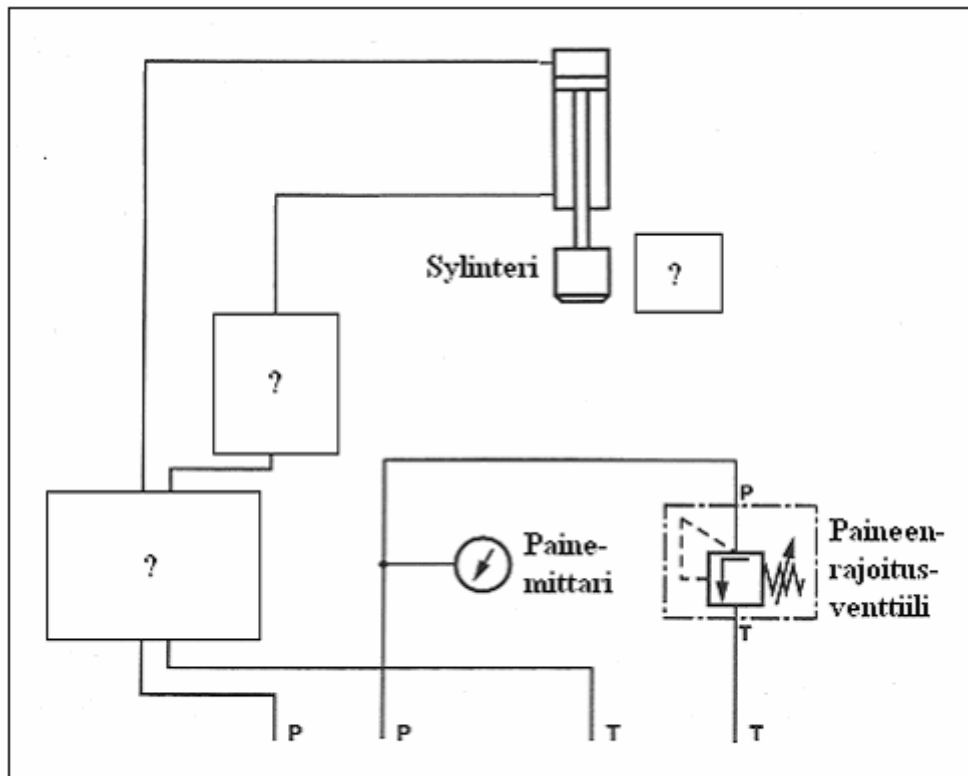
1.2 Hydraulipiirin toiminnot

Piirissä on sylinteri, joka nostaa painoa paluuliikkeellä sen mukaan, kuinka suuntaventtiili 4/2 on ohjattu. Järjestelmässä on vastusvastaventtiili, jolla voidaan säätää nopeutta, jolla sylinteri nostaa painoa. Järjestelmässä on vastusvastaventtiili, jolla voidaan säätää öljyn virtausnopeutta sillä puolella, joka nostaa painoa. Lähestymiskytkin kytkee, kun sylinterin nostama paino tulee kohdalle.

1.3 Hydraulijärjestelmän suunnittelu

Täydennä alla oleva hydraulipiiri siten, että 1.2- kohdassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit ovat alla luettelona.

- suuntaventtiili 4/2
- vastusvastaventtiili
- lähestymiskytkin

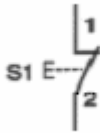


Kuva 1. Hydraulijärjestelmän piirikaavio

2. Virtapiiri

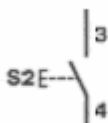
2.1 Virtapiirissä esiintyvät komponentit

- **Painonappi NC**



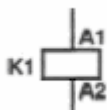
Kuvassa painonappi NC (normaalisti suljettu)

- **Painonappi NO**



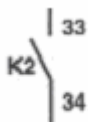
Painonappi NO (normaalisti auki)

- **Releen kela**



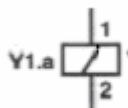
Releen kela, kelan toimiessa releen kärjet toimivat.

- **Releen kärjet**



Releen kärjet (yhdet niistä) toimivat, kun kela on vetäneenä.

- **Suuntaventtiilin solenoidikela Y1**



Suuntaventtiilin solenoidikela Y1. Kun Y1 on vetäneenä suuntaventtiilin 4/3 a-puolen toiminta toteutuu (paineliitännästä A-liitäntään ja B-liitännästä säiliöliitäntään).

- **Lähestymiskytkin**



Lähestymiskytkin (kuva 2.) sisältää anturin, joka havaitsee lähestyvän kappaleen. Ohjauspaneelissa lähestymiskytkin sijoitetaan toimimaan kuten tavallinen kytkin. Piirrosmerkki on sama hydraulija virtapiirikaaviossa.

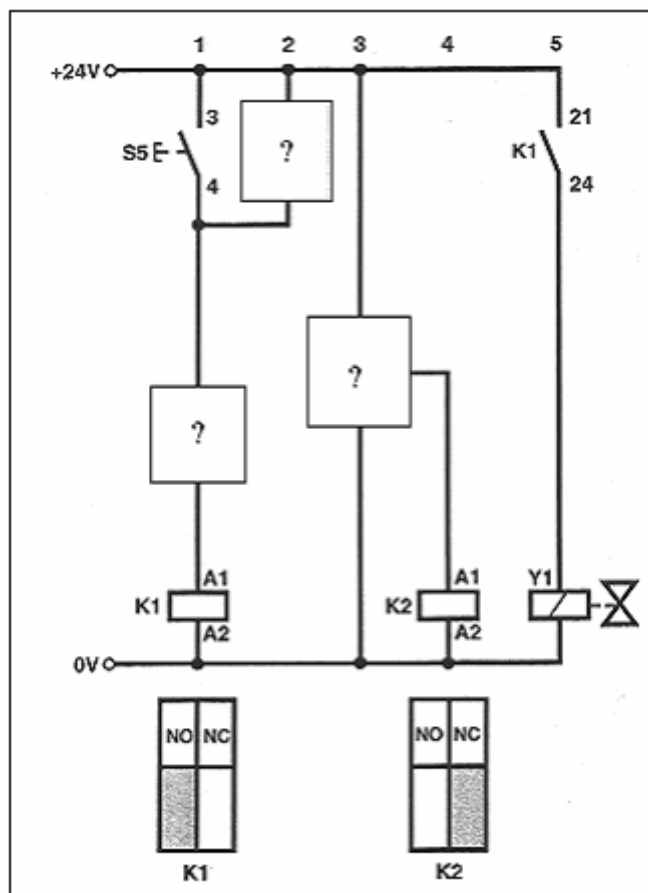
2.1 Virtapiirin toiminnot

Toteuta virtapiirikaavio niin, että suuntaventtiili 4/2 vetää, kun painonappia painetaan. Suuntaventtiilin vetoimpulssi ”varastoidaan” releen avulla sähköisellä lukituksella. Sylinteri ojentuu ja paino laskee automaattisesti, kun lähestymiskytkin vetää ja samalla resetoi lukitustoiminnon.

2.2 Virtapiirin suunnittelu

Täydennä alla olevaan virtapiirikaavioon kysymysmerkkien kohdalle puuttuvat komponenttien piirrosmerkit. Alla on luettelo puuttuvista merkeistä.

- K2:n toiset kärjet
- K1:n kärjet
- lähestymiskytkin



Kuva 2. Hydraulijärjestelmän virtapiirikaavio

3. Sylinterin voima

Seuraavana lasketaan, kuinka suuri pitää olla järjestelmässä paine, jotta sylinteriin kiinnitetty kuorma saadaan nousemaan. Sylinterin työntö-/paluuliikkeen teho riippuu sylinterin tehollisesta pinta-alasta ja järjestelmän paineesta. Myöskin sylinterin sisäinen pieni kitka vaikuttaa pieneltä osaltaan tehoon.

Sylinteriin ohjattava paine lasketaan seuraavalla kaavalla..

$$p = \frac{F}{A}$$

F = kuormittava voima [N]

A = tehollinen männän ala

p = paine

Ympyrän pinta-ala lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$A = \pi \cdot r^2$$

r = ympyrän säde

Tässä harjoituksessa sylinterin kiinnitetyn kuorman massa on 30kg, jolloin kuormittava voima on **300 N**.

Kun kuormaa nostetaan sylinterin paluuliikkeellä, täytyy tehollista männän pinta-alaa laskettaessa vähentää männän alasta männänvarren poikkileikkauksen ala.

Männän halkaisija on 25 mm ja männänvarrenhalkaisija on 16 mm.

Laske seuraavaan tilaan tarvittava paine nostamaan asetettu kuorma.



4. Asennukset

Ennenkö aloitat asennukset, vielä turvallisuusohjeet.

Hydraulipiiri

- Kiinnitä hydraulikomponentit asennusvaunun sermiin hydraulipiirikaavion mukaan.
- Liitä osat toisiinsa ja vaunun paine- ja paluupuoleen vaunun telineessä olevilla letkuilla.
- Liitäntöjen jälkeen varmista vielä, että letkut ovat kunnolla kiinni (varmistus pienellä vetämisellä).

Virtapiiri

- Varmista aluksi, että virtalähde on suljettu reletaulusta.
- Ota käyttöösi reletaulusta tarvittavat komponentit yhdistämällä ne toisiinsa virtajohdoilla suunnittelemasi virtapiirikaavion mukaan.
- Käytä **punaisia johtoja** positiivisia kytkentöjä varten ja **mustia johtoja** maadoitukseen, tällöin mahdollinen virhe on helpompi löytää.

Tarkistuta asennuksien jälkeen hydraulii- ja virtapiiri opettajalla.

5. Harjoituksen suorittaminen

- Huomioi hätäkatkaisin hydraulivaunussa ja reletaulussa.
- Kytke virta päälle reletaulussa.
- Käynnistä hydraulivaunun pumppu painamalla vasemmalla alhaalla olevasta punaisesta painonapista.
- Sääda järjestelmän paine 20 baariin (katso painemittarista) paineenrajoitusventtiiliä ruuvaamalla. Sulkuventtiili pitää olla säädön aikana kiinni, muutoin öljy ei virtaa paineenrajoitusventtiilin läpi. Säädön jälkeen avaa sulkuventtiili.
- Aseta vastusvastaventtiili keskiasentoon.
- Sääda paine siihen arvoon, jonka sait laskemalla. Katso nouseeko paino.
- Tarkkaile laitteiston toimintaa ja mieti miksi erilaiset toiminnot toteutuvat. Tämän jälkeen sulje virtalähde ja hydraulipumppu.

6. Harjoituksen päätelmät

Ympyröi alla olevista väittämistä a- tai b-vaihtoehto sen mukaan kumpaa pidät oikeana.

- | | | |
|--|-------------|-------------|
| 1) Releen Toimintaa ohjaa | a) kela | b) kärjet |
| 2) 4/2- suuntaventtiilissä on liitäntöjen yhdistämisvaihtoehtoa. | a) 4 | b) 2 |
| 3) Lähestymiskytkin on | a) NO | b) NC |
| 4) Lähestymiskytkin aktivoitui kun paino oli | a) ylhäällä | b) alhaalla |

Kirjoita kaksi tapaa millä yksitoiminen sylinteri voi saada palautusliikkeeseen voimansa.

Täydennä alla oleva lause.

- 1) Harjoituksessa vastusvastaventtiilillä voitiin säätää sylinterin _____-liikkeen nopeutta ja _____-liikkeeseen venttiilillä ei ollut vaikutusta.

HARJOITUS 3. Aihe: *Painekytkin*

Harjoituksessa sylinteri ojennetaan painonappia painamalla. Palautusliike alkaa painekytkimen ohjaamana, kun paine kasvaa.

1. Hydraulipiiri

1.1 Komponenttien kuvaus

Ennenkö järjestelmää aletaan suunnitella ja komponentteja asentaa, on tärkeää tuntea komponentit ja niiden toimintaperiaate. Seuraavana on selitetty harjoituksessa esiintyvien komponenttien toiminta.

- **Paineenrajoitusventtiili**



Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 3.) rajoitetaan järjestelmän paine haluttuun arvoon, ja samalla estetään vauriot, joita rajaton kasvu aiheuttaisi. Venttiili suojaa järjestelmän komponentit ja laitteet. Kun järjestelmän paine ylittää venttiilin ohjauspaineen, venttiili avautuu ja ylimääräinen paine pääsee purkautumaan takaisin säiliöön.

- **Painekytkin**



Painekytkin kytkee virran kulkemaan kärkiensä läpi, kuten normaalissa katkaisimessa, kun paine järjestelmässä ylittää kytkimeen säädetyn painearvon. Painekytkintä voidaan käyttää hälyttimenä, mikäli paine menee liian alas tai ylös. Kytkimellä voidaan estää järjestelmän ylikuormittaminen ja laitteiden rikkoutuminen siten, että painekytkin ei anna ohjausventtiilille virtaa, jos ohjaussuunta on virheellinen.

- **Painemittari**



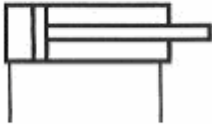
Painemittarin avulla voidaan säätää ja tarkkailla järjestelmän painetta.

- **Risteyskappale**



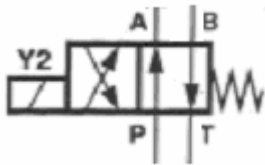
Risteyskappaleella voidaan öljy haarauttaa kahteen suuntaan. Piste piirrosmerkissä tarkoittaa linjojen yhdistymistä. Jos pistettä ei ole, on kyseessä vain linjojen ristiinmeno, linjoilla ei ole yhteyttä.

▪ **Sylinteri** (*kaksitoiminen*)



Kaksitoimisia sylintereitä käytetään, kun tarvitaan voimallinen lineaariliike molempiin suuntiin. Yksitoimisessa sylinterissä on vain yksi hydrauliliitäntä, yleensä ojennussuuntaan. Palautusliike voi tapahtua esim. jousen tai sylinterin kuorman aiheuttaman painovoiman vaikutuksesta.

• **Suuntaventtiili 4/2**



Suuntaventtiili 4/2:n nimessä 4 tarkoittaa liitäntöjen määrää ja 2 liitäntöjen yhdistämismuotojen määrää. Venttiilissä on yksi solenoidikela, vasemmalla puolella, eli sähköisesti se voidaan ohjata yhdistämään liitännät ristissä olevien nuolien osoittamalla tavalla. Suorat nuolet osoittavat venttiilin lepoasentoa, jousi pitää venttiiliä tässä asennossa, jos virtaa ei johdu solenoidille.

• **Kuristinventtiili**



Kuristinventtiilillä voidaan säätää öljyn tilavuusvirran suuruutta, ja siten toimilaitteen liikkeen nopeutta. Kuristinventtiili pienentää öljyn virtauskanavan poikkileikkausta, jolloin tilavuusvirta pienenee.

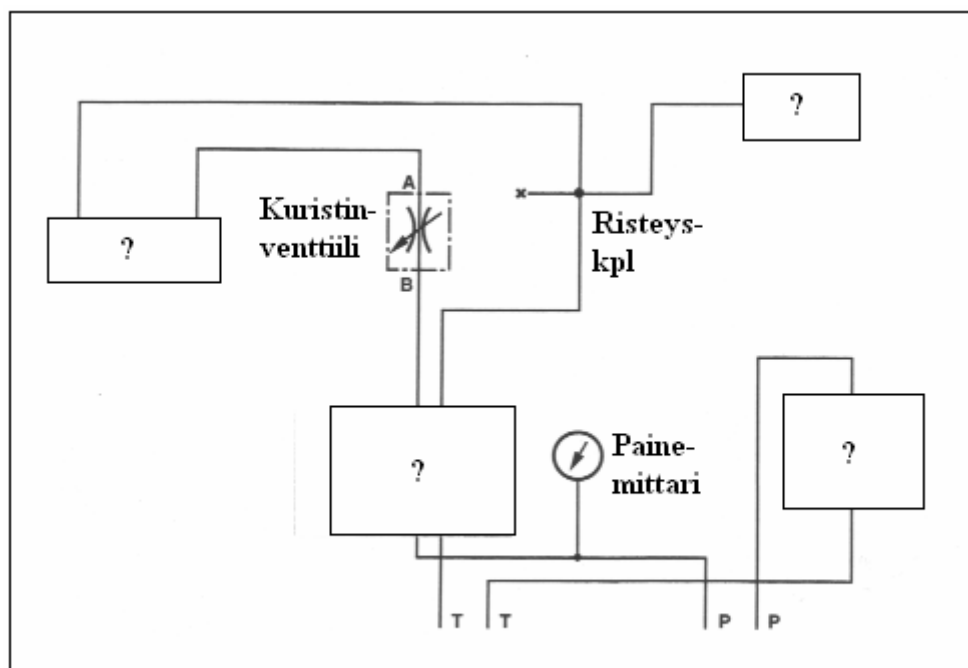
1.2 Hydraulipiirin toiminnot

Piirissä on sylinteri joka ojentuu kun suuntaventtiili on siten ohjattu painonapilla. Kun sylinteri on ojentunut paine alkaa kasvaa ja painekeytkin ohjaa suuntaventtiilin asentoon, jolla sylinteri palautuu. Järjestelmän painetta voidaan säätää painemittarin ja paineenrajoitusventtiilin avulla. Sylinterin ojentumisnopeutta voidaan säätää kuristinventtiilillä.

1.3 Hydraulijärjestelmän suunnittelu

Täydennä alla olevaan hydraulipiirikaavioon tyhjiille paikoille puuttuvat komponentit, jotta 1.2-kohdassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit ovat alla luettelona.

- Sylinteri
- Suuntaventtiili 4/2
- Painekeytkin
- Paineenrajoitusventtiili



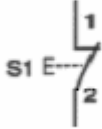
Kuva 1. Hydraulijärjestelmän piirikaavio

2. Virtapiiri

2.1 Virtapiirissä esiintyvät komponentit

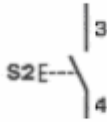
(samoja kuin aiemmissa harjoituksissa)

- **Painonappi NC**



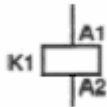
Kuvassa painonappi NC (normaalisti suljettu)

- **Painonappi NO**



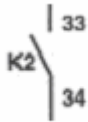
Painonappi NO (normaalisti auki)

- **Releen kela**



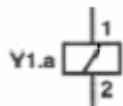
Releen kela, kelan toimiessa releen kärjet toimivat.

- **Releen kärjet**



Releen kärjet (yhdet niistä), toimivat kun kela on vetäneenä.

- **Suuntaventtiilin solenoidikela Y1**



Suuntaventtiilin solenoidikela Y1. Kun Y1 on vetäneenä suuntaventtiilin 4/3 a-puolen toiminta toteutuu (paineliitännästä A-liitännään ja B-liitännästä säiliöliitännään).

2.2 Virtapiirin toiminnot

Suuntaventtiilin solenoidi Y1 vetää kun painonappia NO S1 painetaan, veto jää päälle releen avulla toteutetulla lukituksella.

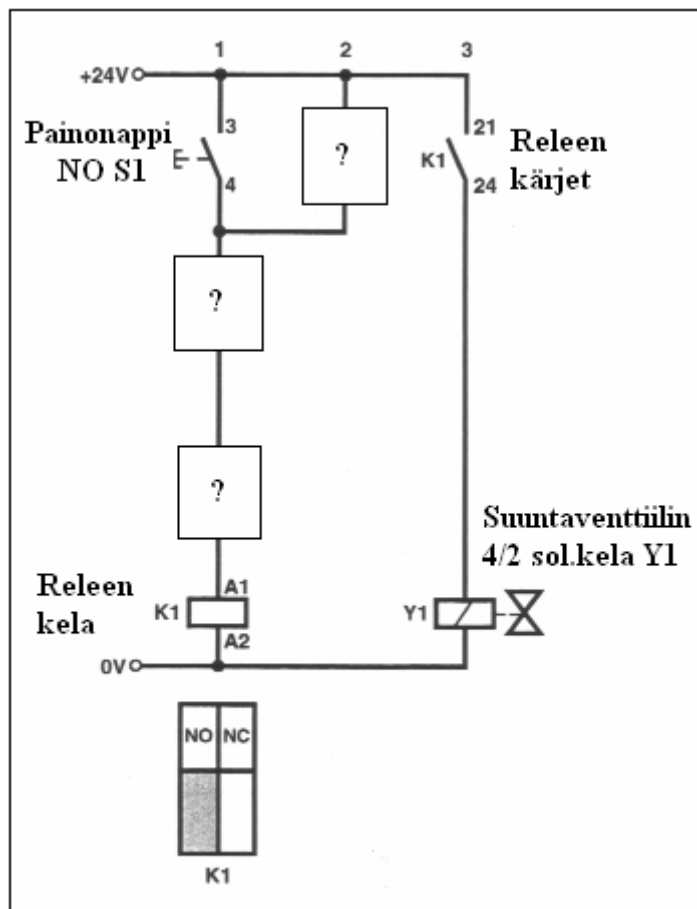
Kun hydraulipiirissä painekytin NC saa riittävän paineen, painekytin avaa virtapiirin. Suuntaventtiilin solenoidille ei enää johdu virtaa ja suuntaventtiili palaa lepoasentoonsa, jolloin sylinteri palautuu.

Virtapiiriin asennetaan myös painonappi NC S2, jolla virtapiiri voidaan avata ilman painekytimen vaikutusta. Painonapilla voidaan palauttaa sylinteri kesken ojennusliikkeen.

2.3 Virtapiirin suunnittelu

Alla on lähes täydellinen virtapiirikaavio. Täydennä laatikoihin puuttuvat komponentit niin, että 2.2-kohdassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit alla luettelona.

- Releen toiset kärjet
- Painonappi NC S2
- Paineekytin NC



Kuva 2. Hydraulijärjestelmän virtapiirikaavio

3. Asennukset

Ennen kuin aloitat asennukset, kerta vielä turvallisuusohjeet.

Hydraulipiiri

- Kiinnitä hydraulikomponentit asennusvaunun sermiin hydraulipiirikaavion mukaan.
- Liitä osat toisiinsa ja vaunun paine- ja paluupuoleen vaunun telineessä olevilla letkuilla.
- Liitäntöjen jälkeen varmista vielä, että letkut ovat kunnolla kiinni (varmistus pienellä vetämisellä).

Virtapiiri

- Varmista aluksi, että virtalähde on suljettu reletaulusta.
- Ota käyttöösi reletaulusta tarvittavat komponentit yhdistämällä ne toisiinsa virtajohdoilla suunnittelemasi virtapiirikaavion mukaan.
- Käytä **punaisia johtoja** positiivisia kytkentöjä varten ja **mustia johtoja** maadoitukseen, tällöin mahdollinen virhe on helpompi löytää.

Tarkistuta asennuksien jälkeen hydraulii- ja virtapiiri opettajalla.

4. Harjoituksen suorittaminen

- Huomioi hätäkatkaisin hydraulivaunussa ja reletaulussa.
- Kytke virta päälle reletaulussa.
- Käynnistä hydraulivaunun pumppu painamalla vasemmalla alhaalla olevasta punaisesta painonapista.
- Säädä järjestelmän paine 20 baariin ja avaa kuristinventtiili täysin
- Aseta kuusiokoloavaimella 10mm painekeytkimen kytkentäpiste 40 baariin
- Ojenna sylinteri painamalla S1. Jos painekeytkin ei palauta sylinteriä, palauta sylinteri painamalla S2
- Nosta järjestelmän painetta 5 baarin välein ja toimi samoin kuin edellisessä kohdassa. Täydennä taulukko havaintojesi mukaan sen perusteella, mitä on tapahtunut S1:n painamisen jälkeen.
- Tarkkaile laitteiston toimintaa ja mieti miksi erilaiset toiminnot toteutuvat. Tämän jälkeen sulje virtalähde ja hydraulipumppu.

Täydennä taulukko laittamalla risti kohtaa, joka on toteutunut.

| P (bar) | Painekeytkin NC | | Sylinterin asema | |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|------------|
| | vetää (virta ei kulje läpi) | ei vedä (virta kulkee läpi) | ojentunut | palautunut |
| 20 | | | | |
| 25 | | | | |
| 30 | | | | |
| 35 | | | | |
| 40 | | | | |
| 45 | | | | |

Taulukko 1. Järjestelmän tila S1:n painamisen jälkeen

5. Harjoituksen päätelmät

Ympyröi a- tai b-vaihtoehto

- 1) Painekytkin on a) NC b) NO
- 2) Kun paine on noussut painekytkimen kytkentäpisteeseen, virta
a) kiertää b) ei kierrä virtapiirissä?
- 3) Kun painekytkin vetää, sylinteri a) ojentuu b) palautuu
- 4) Kuristinventtiilillä säädetään toimilaitteen a) nopeutta b) voimaa

HARJOITUS 4. Aihe: *Paineenvaraaja / paineakku*

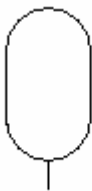
Tässä harjoituksessa perehdymme lähemmin paineenvaraajan toimintaan ja asioihin, joita täytyy ottaa huomioon, kun paineenvaraaja on hydraulijärjestelmässä. Toisena uutena komponenttina harjoituksessa on takaiskuventtiili.

1. Hydraulipiiri

1.1 Komponenttien kuvaus

Ennenkö järjestelmää aletaan suunnitella ja komponentteja asentaa, on tärkeää tuntea komponentit ja niiden toimintaperiaate. Seuraavana on selitetty harjoituksessa esiintyvien komponenttien toiminta.

- **Paineakku**



Paineakun toiminta tyypin kokoonpuristumiseen. Säiliössä on kaksi eristettyä tilaa, toinen öljylle ja toinen kaasulle. Paineakkuja voidaan käyttää esimerkiksi tilavuusvirtalähteenä, järjestelmän paineen ylläpitäjänä, värähtelyjen ja paineiskujen tasaajana sekä energiavarastona poikkeustilanteiden varalle. Toisin kuin piirrosmerkki antaa ymmärtää, paineakussa on kaksi liitäntää; latausventtiili ja päästöventtiili. Akkuun virtaa öljyä vasta, kun pumpatun öljyn paine on ylittänyt kaasupuolen esitäyttöpaineen (tässä tapauksessa 10 baaria).

- **Takaiskuventtiili**



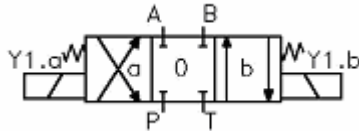
Takaiskuventtiili sallii virtauksen vain toiseen suuntaan. Venttiilissä on jousi, joka sulkee virtauksen a-suuntaan. B-suuntaan virtaus alkaa, kun paine ylittää yhden baarin eli ylittää jousen sulkuvoiman. Harjoituksessa venttiiliä käytetään suojaamaan pumppua sammutettuna paineakun paineelta.

- **Paineenrajoitusventtiili**



Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 3.) rajoitetaan järjestelmän paine haluttuun arvoon, ja samalla estetään vauriot, joita rajaton kasvu aiheuttaisi. Venttiili suojaa järjestelmän komponentit ja laitteet. Kun järjestelmän paine ylittää venttiilin ohjauspaineen, venttiili avautuu ja ylimääräinen paine pääsee purkautumaan takaisin säiliöön.

- **Suuntaventtiili 4/3 (suljettu keskiasento)**



Kuvassa 2. on kirjainmerkinnät osoittamassa liitäntöjä. **P-kohtaan** liitetään suuntaventtiilille tuleva paineetku. **T-kohtaan** liitetään letku ohjaamaan öljy takaisin asennuspöydän säiliöön. **A- ja B-kohtat** ovat toimilaitteen liikkeen kaksi puolta (sylinterissä ojennus ja paluu). Suuntaventtiili 4/3:n nimessä 4 tarkoittaa liitäntöjen määrää ja 3 liitäntöjen yhdistämisvaihtoehtojen määrää. Piirrosmerkissä vasemmanpuoliset nuolet esittävät öljyn ohjausta, kun a-puoli on toiminnassa. Oikeanpuoliset nuolet esittävät toimintaa, kun b-puoli on aktiivisena. Keskiasennossa, kun virtaa ei johdu venttiilille, kaikki liitännät ovat suljettu.

- **Painemittari**



Painemittarin avulla voidaan säätää ja tarkkailla järjestelmän painetta.

- **Risteyskappale**



Risteyskappaleella (kuva 7.) voidaan öljy haarauttaa kahteen suuntaan. Piste piirrosmerkissä tarkoittaa linjojen yhdistymistä. Jos pistettä ei ole, on kyseessä vain linjojen ristiinmeno, linjoilla ei ole yhteyttä.

- **Sylinteri (kaksitoiminen)**



Kaksitoimisia sylintereitä (kuva 1.) käytetään, kun tarvitaan voimallinen lineaariliike molempiin suuntiin. Yksitoimisessa sylinterissä on vain yksi hydrauliliitäntä, yleensä ojennussuuntaan. Palautusliike voi tapahtua esim. jousen tai sylinterin kuorman aiheuttaman painovoiman vaikutuksesta.

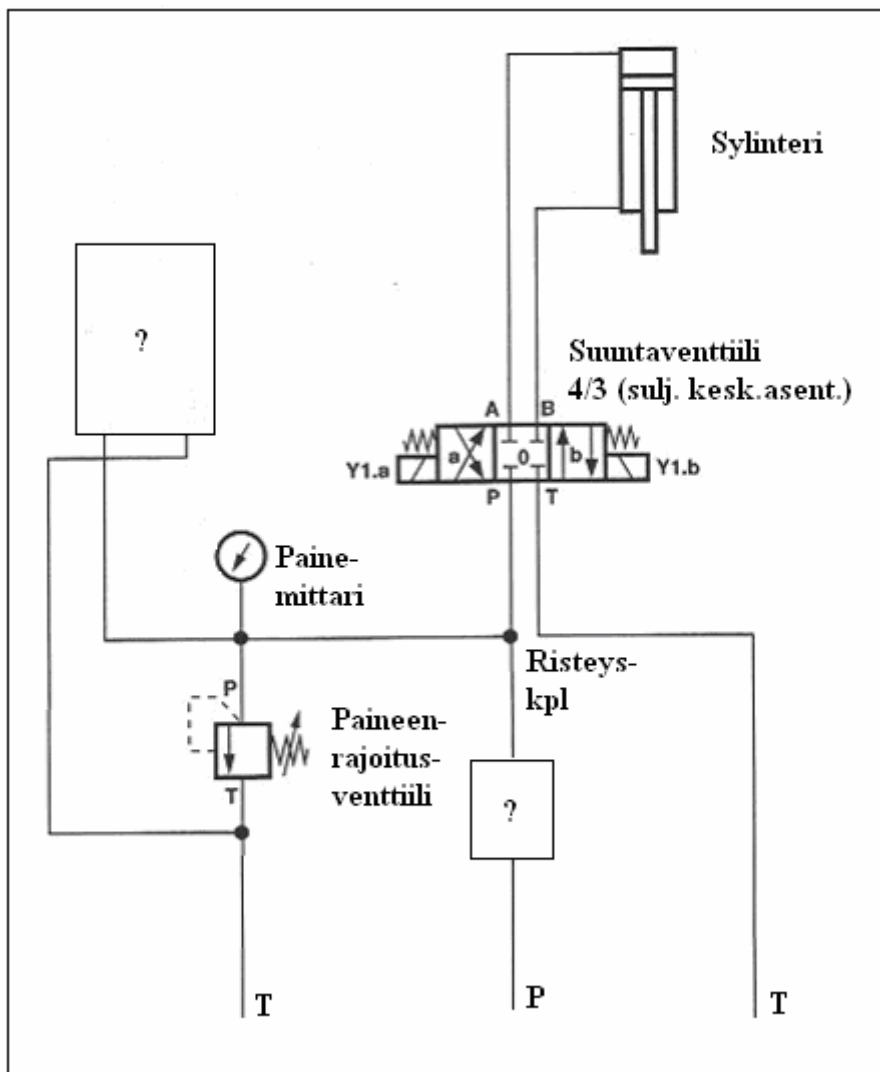
1.2 Hydraulipiirin toiminnot

Järjestelmässä paineakkuun varastoitua painetta voidaan käyttää sylinterin liikuttamiseen. Takaiskuventtiilillä suojataan, ettei paineakun paine vaikuta pumppua vastaan.

1.3 Järjestelmän suunnittelu

Täydennä alla oleva hydraulipiiri niin, että 1.2-kohdassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit alla luettelossa.

- takaiskuventtiili
- paineakku

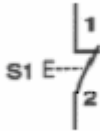


Kuva 1. Hydraulijärjestelmän piirikaavio

2. Virtapiiri

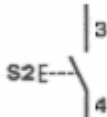
2.1 Virtapiirissä esiintyvät komponentit

- **Painonappi NC**



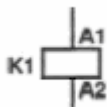
Kuvassa painonappi NC (normaalisti suljettu)

- **Painonappi NO**



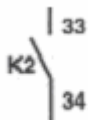
Painonappi NO (normaalisti auki)

- **Releen kela**



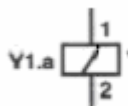
Releen kela, kelan toimiessa releen kärjet toimivat.

- **Releen kärjet**



Releen kärjet (yhdet niistä), toimivat kun kela on vetäenäänä.

- **Suuntaventtiilin solenoidikela Y1**



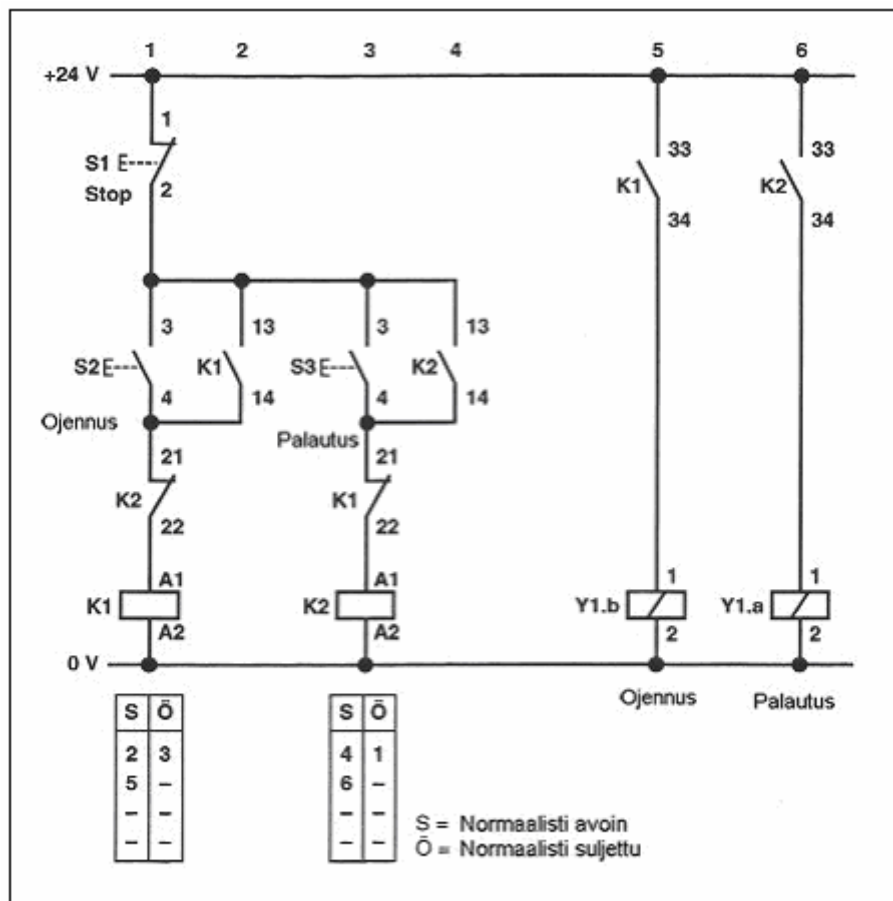
Suuntaventtiilin solenoidikela Y1. Kun Y1 on vetäenäänä suuntaventtiilin 4/3 a-puolen toiminta toteutuu (paineliitännästä A-liitännään ja B-liitännästä säiliöliitännään).

2.2 Virtapiirin toiminnot

Toteuta virtapiirikaavio niin, että sylinteri ojentuu, kun painonappia **S2** painetaan ja palautuu, kun painonappia **S3** painetaan. Kun painonappia **S2/S3** painetaan, signaali varastoidaan *pitopiirillä* releitä **K1** ja **K2** hyödyntäen (releen yhdet kärjet vievät virran painonapin yli), samalla releen toiset kärjet katkaisevat virran kulun toisen painonapin piirissä. Painettaessa painonappia **S1** sylinterin liike pysähtyy, kun virransiirto kontaktoreihin estyy.

2.3 Virtapiirin suunnittelu

Alla oleva piirikaavio on sama kuin harjoituksessa 1., joten siihen ei perehdytä uudestaan. Piirikaavio on valmis.



Kuva 2. Hydraulijärjestelmän virtapiirikaavio

3. Asennukset

Ennenkö aloitat asennukset, vielä turvallisuusohjeet.

Hydraulipiiri

- Kiinnitä hydraulikomponentit asennusvaunun sermiin hydraulipiirikaavion mukaan. (paineakku on kiinni jo valmiiksi sermissä).
- Liitä osat toisiinsa ja vaunun paine- ja paluupuoleen vaunun telineessä olevilla letkuilla.
- Liitäntöjen jälkeen varmista vielä, että letkut ovat kunnolla kiinni (varmistus pienellä vetämisellä).

Virtapiiri

- Varmista aluksi, että virtalähde on suljettu reletaulusta.
- Ota käyttöösi reletaulusta tarvittavat komponentit yhdistämällä ne toisiinsa virtajohdoilla suunnittelemasi virtapiirikaavion mukaan.
- Käytä **punaisia johtoja** positiivisia kytkentöjä varten ja **mustia johtoja** maadoitukseen, tällöin mahdollinen virhe on helpompi löytää.

Tarkistuta asennuksien jälkeen hydraulii- ja virtapiiri opettajalla.

4. Harjoituksen suorittaminen

- Avaa paineenrajoitusventtiili
- Huomioi hätäkatkaisin hydraulivaunussa ja reletaulussa.
- Kytke virta päälle reletaulussa.
- Käynnistä hydraulivaunun pumppu painamalla vasemmalla alhaalla olevasta punaisesta painonapista.
- Katso että paineakun latausventtiili (punainen vipu) on auki, ja akun päästöventtiili (musta vipu) on kiinni.
- Sääda järjestelmän paine 25 baariin paineenrajoitusventtiilistä (katso painemittarista)
- Ojenna ja palauta sylinteriä (painonapeista S2 ja S3) todetaksesi, että järjestelmä toimii.

Seuraavassa alkutilanne: sylinteri palautunut ja paineakun vivut samassa asennossa.

- Sääda järjestelmän paine 45 baariin
- Sammuta pumppu
- Aja sylinteriä edestakaisin niin monta kertaa, kun paineakkuun varastoituneella energialla on mahdollista. Laske ojennus- ja palautusliikkeiden määrä. Viimeisestä liikkeestä arvioi suunnilleen, kuinka paljon sylinteri on liikkunut ja huomioi onko vajaa liike ojennus- vai palautussuuntaan.
- Sammuta virta reletaulusta.

5. Paineakun tilavuus

Säiliön tilavuus pystytään laskemaan sylinterin iskujen perusteella.

$$V = D_k^2 \cdot \frac{\pi}{4} (a \cdot s + x) + (D_k^2 - D_{St}^2) \frac{\pi}{4} (e \cdot s + z)$$

V = säiliön tilavuus

D_k = sylinterin männän tilavuus (093853098403284)

D_{St} = sylinterin männänvarren tilavuus (309580385)

s = sylinterin iskun pituus (200mm)

a = täydellisten ulostyöntyvien iskujen määrä

e = täydellisten sisään työntyvien iskujen määrä

x = vajaan ojennusliikkeen pituus

z = vajaan palautusliikkeen pituus

Laske seuraavaan tilaan paineakun tilavuus yllä olevaa kaavaa käyttäen.

Laita arvioimasi liikkeenpituus x:n tai z:n paikalle sen mukaan oliko viimeinen liike ojennus- vai palautusliike.

6. Harjoituksen päätelmät

Täydennä alla olevat lauseet.

- 1) Paineenvaraaja alkaa täytyä öljyllä, kun öljypaine ylittää _ _ _ _ baaria.
- 2) Takaiskuventtiili suojaa järjestelmässä _ _ _ _ _ .
- 3) Takaiskuventtiili sallii virtauksen toiseen suuntaan tietyillä painearvoilla, ja estää virtauksen toiseen suuntaan aina. Virtaus sallittuun suuntaan avautuu, kun virtauksen voima ylittää _ _ _ _ _ voiman.

Vastaa seuraaviin kyllä tai ei.

- 1) Jos paineakun päästöventtiili on auki, liikkuuko sylinteri kun painetaan painonappeja? a) kyllä b) ei

HARJOITUS 5. Aihe: *Virtauksen suhde paineeseen, hydraulimoottori*

Harjoituksessa tarkastellaan paineenrajoitusventtiilin vaikutusta paineeseen ja virtaukseen ja näiden suhdetta keskenään. Virtausta havainnollistetaan mittalasilta ja hydraulimoottorilla.

1. Hydraulipiiri

1.1 Komponenttien kuvaus

Tässä kuvataan harjoituksessa esiintyvät komponentit. On tärkeää tuntea komponentit ennenkö aletaan suunnitella hydraulipiiriä. Harjoituksessa on kaksi komponenttia joita ei ole aiemmin käsitelty; hydraulimoottori ja mittalasi.

- **Paineenrajoitusventtiili**



Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 3.) rajoitetaan järjestelmän paine haluttuun arvoon, ja samalla estetään vauriot, joita rajaton kasvu aiheuttaisi. Venttiili suojaa järjestelmän komponentit ja laitteet. Kun järjestelmän paine ylittää venttiilin ohjauspaineen, venttiili avautuu ja ylimääräinen paine pääsee purkautumaan takaisin säiliöön.

- **Painemittari**



Painemittarin avulla voidaan säätää ja tarkkailla järjestelmän painetta.

- **Risteyskappale**



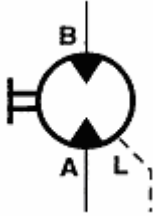
Risteyskappaleella (kuva 7.) voidaan öljy haarauttaa kahteen suuntaan. Piste piirrosmerkissä tarkoittaa linjojen yhdistymistä. Jos pistettä ei ole, on kyseessä vain linjojen ristiinmeno, linjoilla ei ole yhteyttä.

- **Kuristinventtiili**



Kuristinventtiilillä voidaan säätää öljyn tilavuusvirran suuruutta, ja siten toimilaitteen liikkeen nopeutta. Kuristinventtiili pienentää öljyn virtauskanavan poikkileikkausta, jolloin tilavuusvirta pienenee.

- **Hydraulimoottori**



Hydraulimoottori muuntaa pumpun tuottaman hydraulisen tehon takaisin mekaaniseksi tehoksi. Pumput ja moottorit ovat hyvin samankaltaisia, toiminta on käänteinen. Moottorit voidaan jakaa rakenteen perusteella hammaspyörä-, siipi- ja mäntärakenteisiin. Tässä harjoituksessa on käytössä hammaspyörämoottori. Moottorit voivat olla yksi- tai kaksisuuntaisia. Moottorit toimivat syrjäytysperiaatteella kuten pumputkin.

- **Mittalasi**



Mittalasi on läpinäkyvä säiliö, josta on helppo seurata öljyn virtausta ja sen määrää. Mittalasin kyljessä on mittausta helpottava mitta-asteikko. Yläpään liitântä on painepuolen liitântä ja alapää säiliöliitântä.

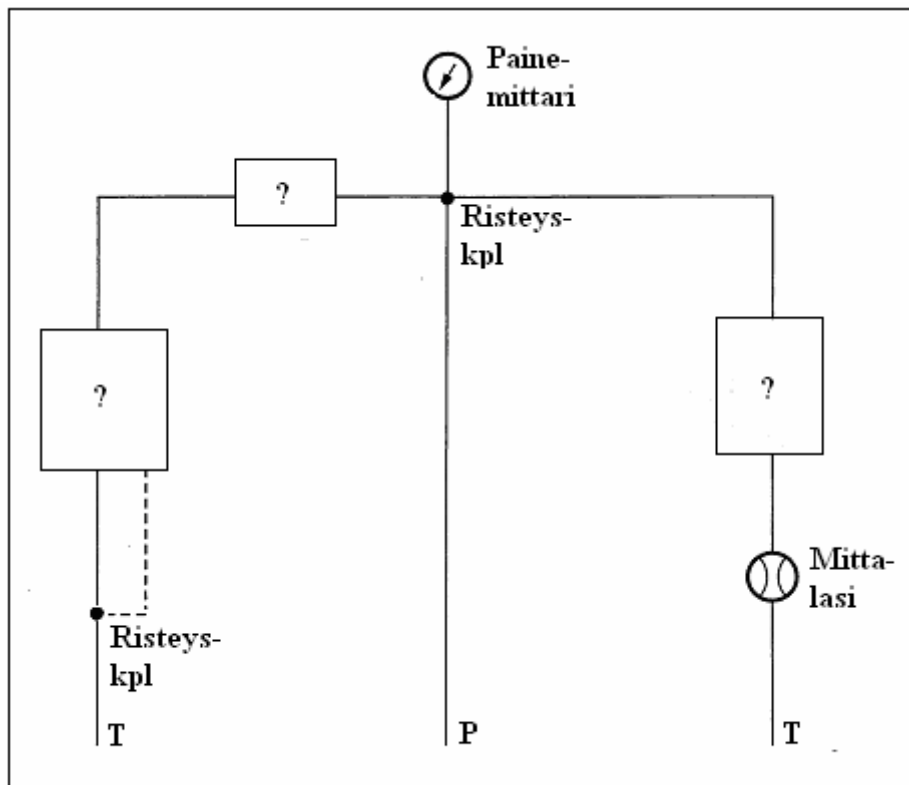
1.2 Hydraulipiirin toiminnot

Hydraulipiirin toisella puolella on hydraulimoottori, jonka pyörimisnopeutta voidaan osaltaan säätää kuristinventtiilillä. Toisella puolella on mittalasi, jota ennen piirissä on paineenrajoitusventtiili, jolla voidaan säätää järjestelmän paine. Piirissä on myös painemittari, josta nähdään järjestelmän paine kokoajan.

1.3 Hydraulijärjestelmän suunnittelu

Täydennä alla olevaan hydraulipiirikaavioon puuttuvat komponentit niin, että 1.2-kohtassa mainitut toiminnot toteutuvat. Puuttuvat komponentit alla luettelona.

- Hydraulimoottori
- Kuristinventtiili
- Paineenrajoitusventtiili



Kuva 1. Hydraulijärjestelmän piirikaavio

2. Virtapiiri

Järjestelmässä ei ole virtapiiriä, toimintoja hallitaan kuristin- ja paineenrajoitusventtiilien avulla.

3. Asennus

Ennen kuin aloitat asennuksen, kerta vielä turvallisuusohjeet.

Hydraulipiiri

- Kiinnitä hydraulikomponentit asennusvaunun sermiin hydraulipiirikaavion mukaan.
- Liitä osat toisiinsa ja vaunun paine- ja paluupuoleen vaunun telineessä olevilla letkuilla.
- Liitöntöjen jälkeen varmista vielä, että letkut ovat kunnolla kiinni (varmistus pienellä vetämisellä).

Tarkistuta asennuksen jälkeen hydraulipiiri opettajalla.

4. Harjoituksen suorittaminen

- Huomioi hätäkatkaisin hydraulivaunussa ja reletaulussa.
- Kytke virta päälle reletaulussa.
- Sulje kuristinventtiili ja säädä paineenrajoitusventtiili keskiasentoon.
- Käynnistä hydraulivaunun pumppu painamalla vasemmalla alhaalla olevasta punaisesta painonapista.
- Säädä paine 30 baariin paineenrajoitusventtiilistä. Laske virtauksen määrä kellon ja mittalasin avulla, alla olevan esimerkin osoittamalla tavalla. Kirjaa seuraavalla sivulla olevaan Taulukko 1. ylös saadut tulokset virtauksen määrälle ja moottorin tilalle.

Mittaa kauanko kestää että mittalasiin tulee 1L öljyä (s).

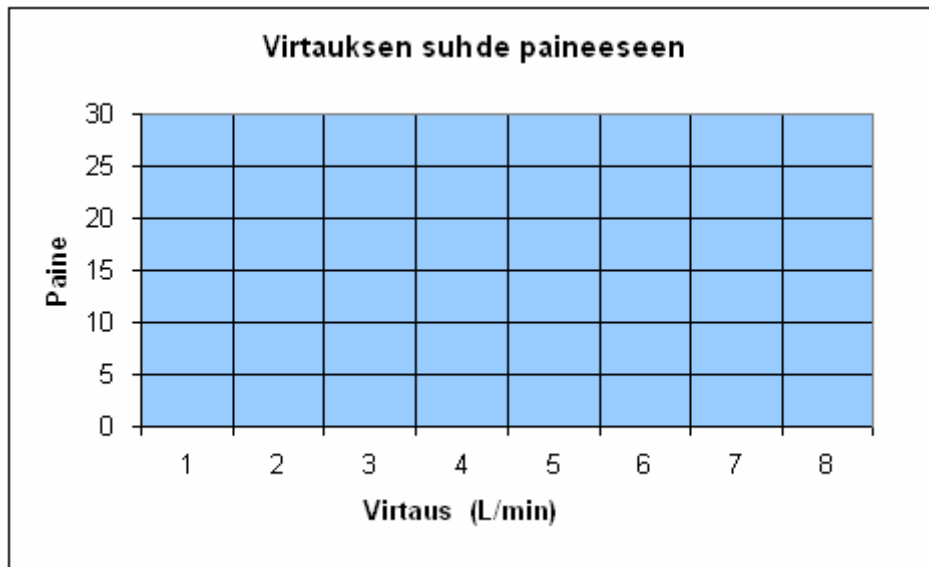
Esim. Mittalasiin virtaa 1L, 20 sekunnissa
Virtauksen määrä lasketaan seuraavalla tavalla.

$$\frac{60}{20} = 3 \quad \rightarrow \quad \text{mittalasiin virtaa öljyä } 3 \text{ L/min}$$

- Säädä painetta avaamalla paineenrajoitusventtiiliä. Kirjoita Taulukko 1. ylös tulokset 5 baarin välein.
- Kirjaa taulukkoon viimeiseksi tilanne, kun paineenrajoitusventtiili on keskiasennossa ja kuristinventtiili on auki.
- Sammuta pumppu kun olet saanut tarvittavat arvot ylös.
- Piirrä kuvaaja mitattujen / laskettujen arvojen perusteella.

| Kuristinventtiilin asento | Paineenrajoitusventtiilistä säädetty paine (bar) | Virtauksen määrä paineenrajoitusventtiilin läpi L/min | Hydraulimoottori käy / ei käy |
|---------------------------|--|---|-------------------------------|
| Täysin kiinni | 30 | | |
| | 25 | | |
| | 20 | | |
| | 15 | | |
| | 10 | | |
| Täysin auki | Paineenraj.vent. puoliksi kiinni | | |

Taulukko 1. Tulokset



Kuvaaja 1. Virtauksen suhde paineeseen

5. Harjoituksen päätelmät

Täydennä seuraavat lauseet.

- 1) Kun painetta lasketaan järjestelmässä, virtaus _____ .
- 2) Kun kuristinventtiili avataan, moottori _____ .
- 3) Kun kuristinventtiili on auki, virtaus mittalasin kautta _____ .

HARJOITUS 6. *Aihe: Automation Studio-ohjelma (hydraulijärjestelmän simulointi)*

Kuudes harjoitus toteutetaan Automation Studio-ohjelmalla. Ohjelmalla pystytään vaivattomasti simuloimaan hydraulijärjestelmää. Voidaan kokeilla erilaisia ratkaisuja nopeasti, ilman että järjestelmää täytyy konkreettisesti rakentaa komponenteista.

Harjoituksessa toteutetaan yksinkertainen *Sylinterin ojennus painonapilla*. Opetustarkoituksena on perehtyä Automation Studio-ohjelman perusominaisuuksien käyttöön ei hydraulijärjestelmän suunnitteluun.

1. Harjoituksessa tarvittavat komponentit:

Hydraulipiiri

- 1 Paineenrajoitusventtiili
- 1 vastusvastaventtiili
- 1 4/2 suuntaventtiili, jossa jousipalautus
- 1 painemittari
- 1 sylinteri (kaksitoiminen)
- Paineletkut

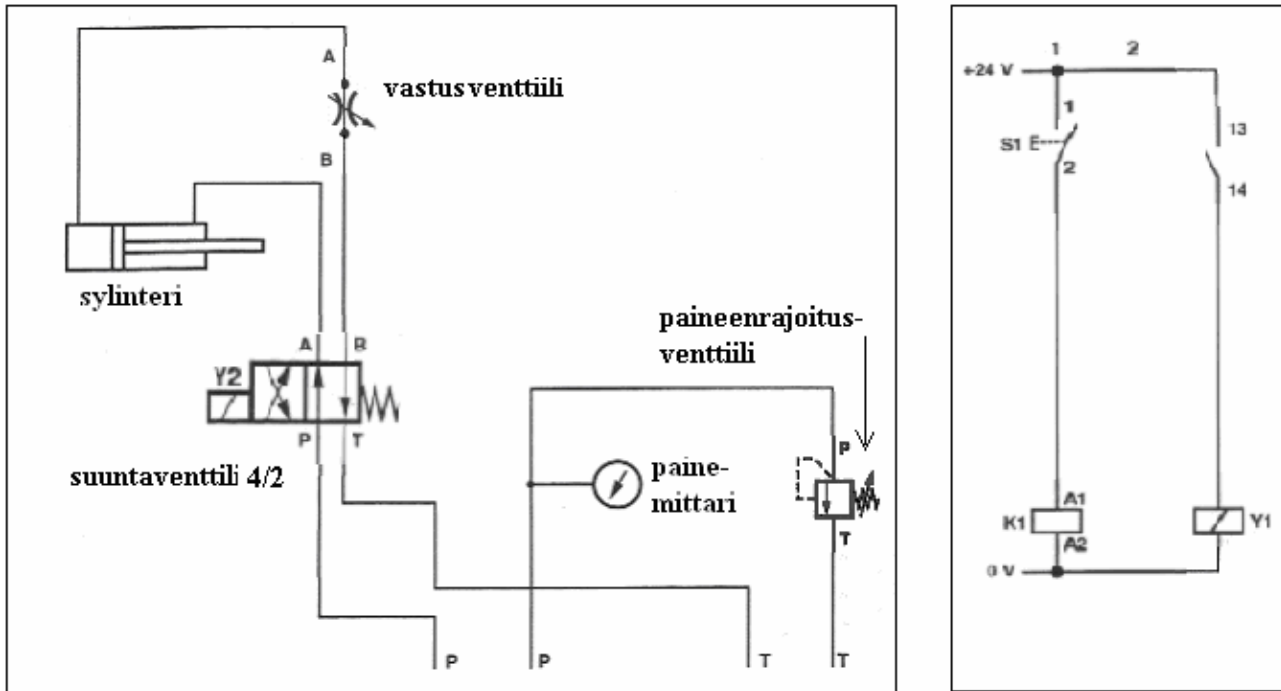
Virtapiiri

- 1 Painonappi ON S1
- 1 Rele K1, releen kärjet
- Suuntaventtiilin solenoidikela

(Kun tehdään simulointiohjelmaa, joudutaan hakemaan releen kärjet ja solenoidikela erikseen sähkökomponenteista)

2. Harjoituksen piirikaaviot

Alla on valmiit piirikaaviot järjestelmään. Harjoitus tehdään näiden pohjalle. Näkymä Automation Studio-ohjelmassa tulee olemaan hyvinkin samannäköinen.

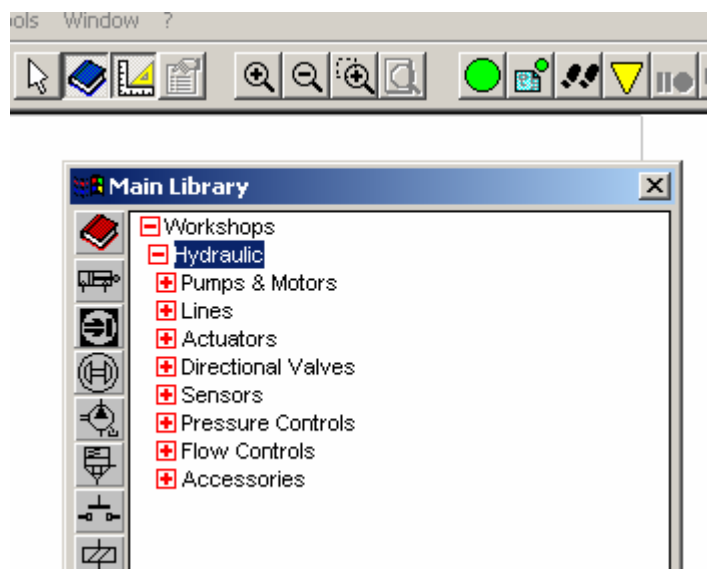


Kuva 1. Hydraulijärjestelmän piirikaaviot

3. Harjoituksen suorittaminen

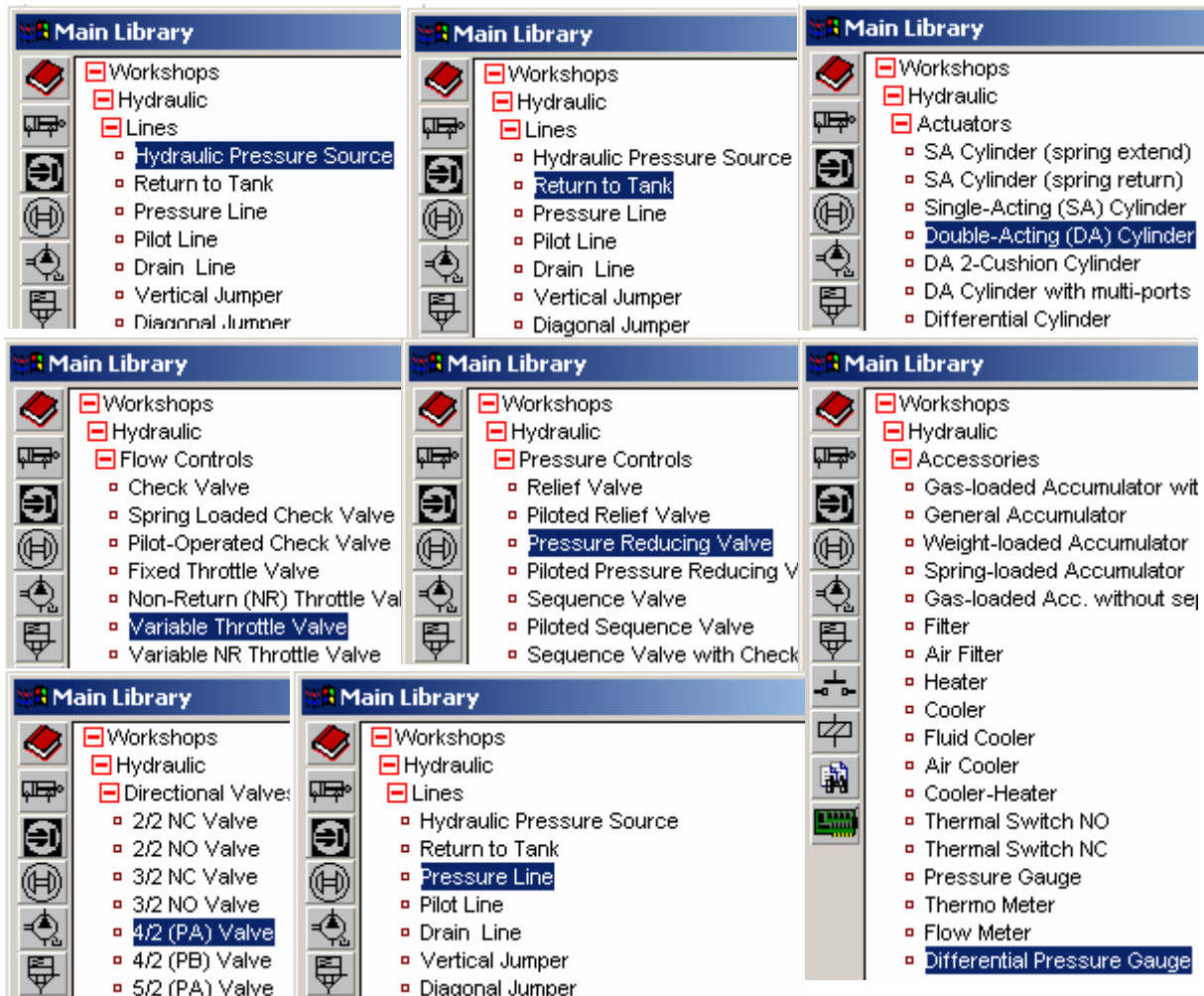
3.1 Hydraulipiiri

- Aloita hydraulipiirin rakentaminen avaamalla **Main Library** (sininen kirja valintakuvakkeissa).
- Main Library sisältää kaikki osat joita tarvitset. Workshops – Hydraulic-kohdasta löytyy kaikki hydraulikomponentit.



Kuva 2. Main Library

Hydraulipiirin komponentit



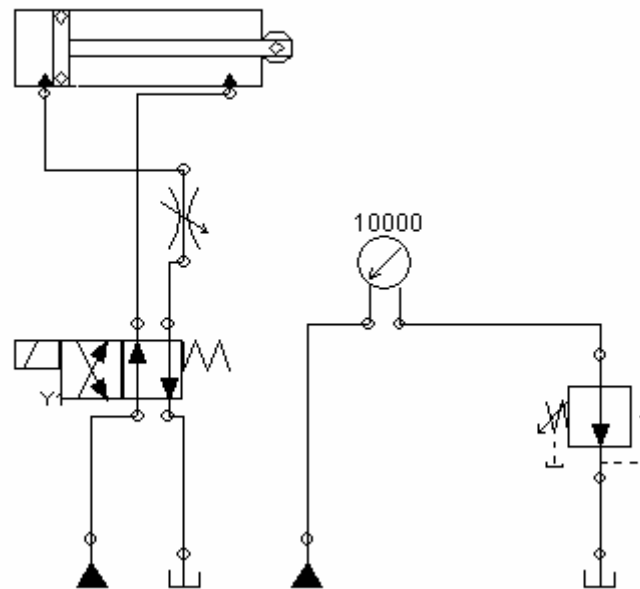
Kuva 3. Hydraulipiiriin tarvittavat osat

Suuntaventtiilin valinta:

- Kun laitat suuntaventtiilin työpöydälle, avautuu ikkuna
- Laita venttiilin oikea lohko aktiiviseksi ja valitse ensimmäisenä **Configuration-** kohdasta ”suorat nuolet”-asento venttiilin lepoasennoks, rullamalla kohdalle ja kaksoisnäpättämällä kuvaketta.
- Laita venttiilin vasen lohko aktiiviseksi ja valitse **controls-** kohdasta venttiilille solenoidi
- Laita venttiilin oikea lohko aktiiviseksi ja valitse **controls-** kohdasta solenoidille jousipalautus
- Laita solenoidi aktiiviseksi ja nimeä se **Tagname-** kohtaan Y1

Muut osat:

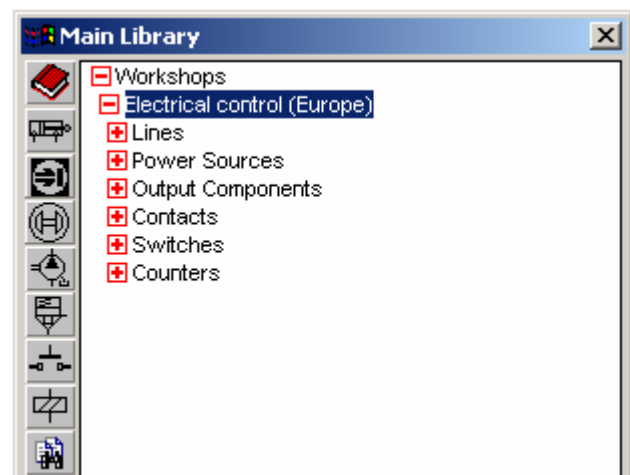
- Muut osat saat pöydälle vain vetämällä Main Library:sta.
- Ne eivät kaipaa tarkempaa säätöä



Kuva 4. Valmis hydraulipiiri

3.2 Virtapiiri

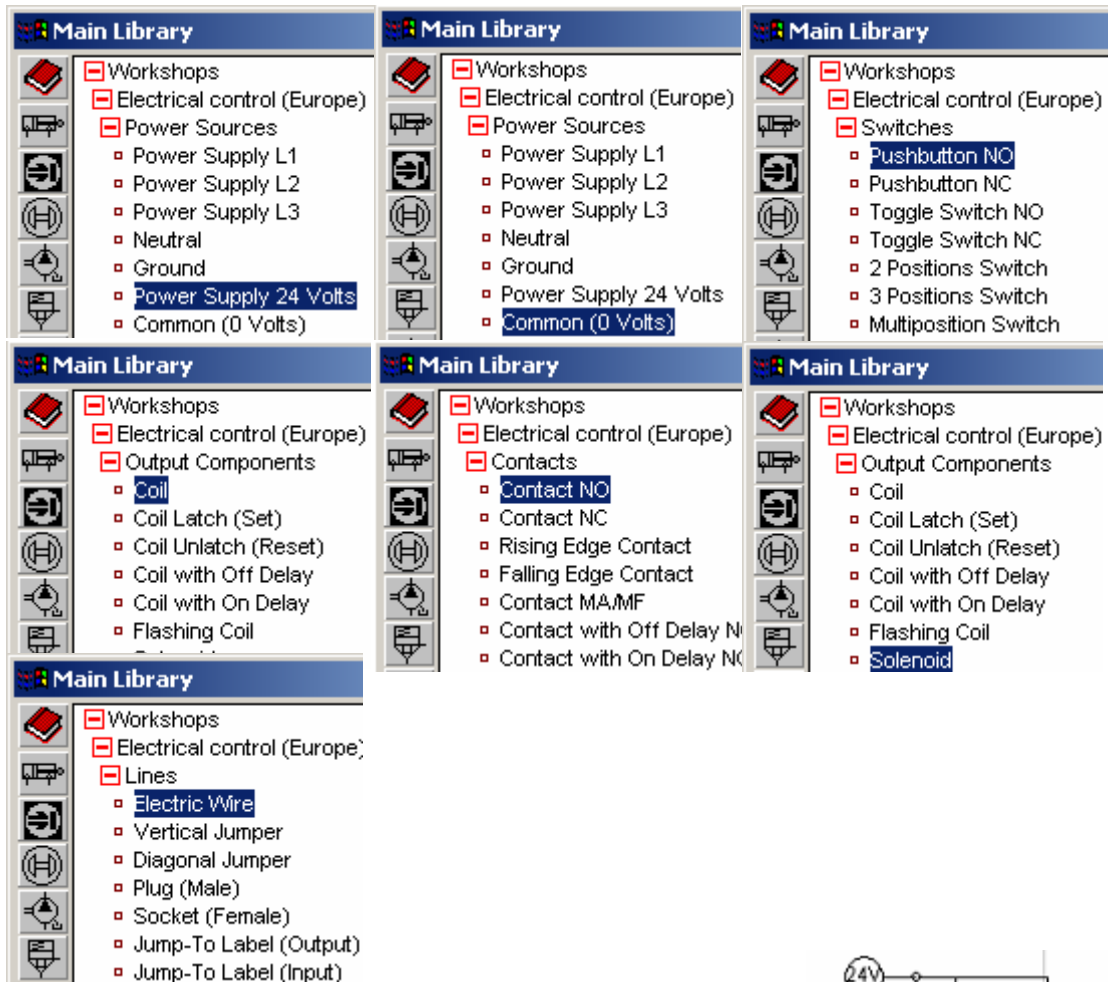
- Virtapiirin osat löytyvät Main Library:sta Workshops – Electrical control (Europe)-kohdasta.



Kuva 5. Virtapiirin komponentit

Virtapiirin komponentit

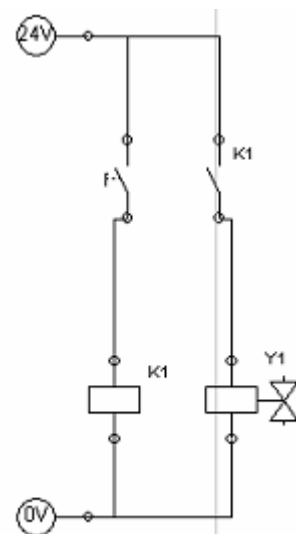
Hae *Main library*:sta komponentit kuvan osoittamalla tavalla.



Kuva 6. Virtapiirin komponentit

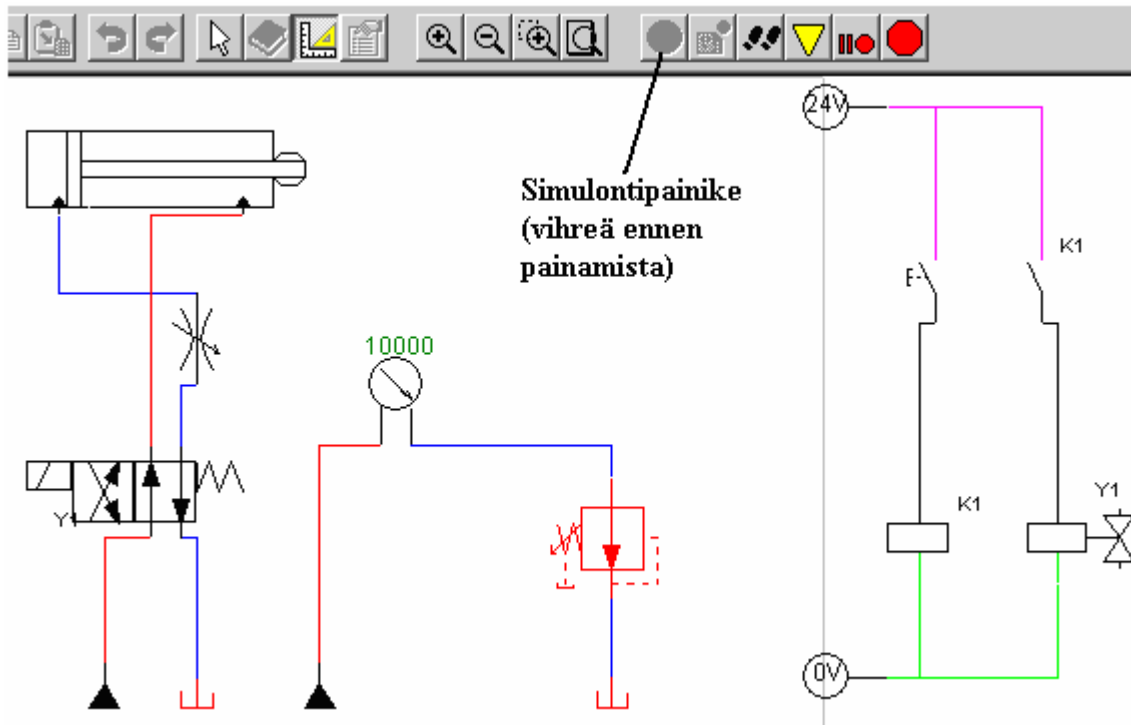
Komponenttien nimeäminen

- Anna releelle (Coil) nimi K1 *Tagname*- kohdassa.
- Anna releen kärjille (Contact NO) nimi K1 *Tagname*- kohdassa.
- Anna solenoidille nimi Y1 *Tagname*- kohdassa.

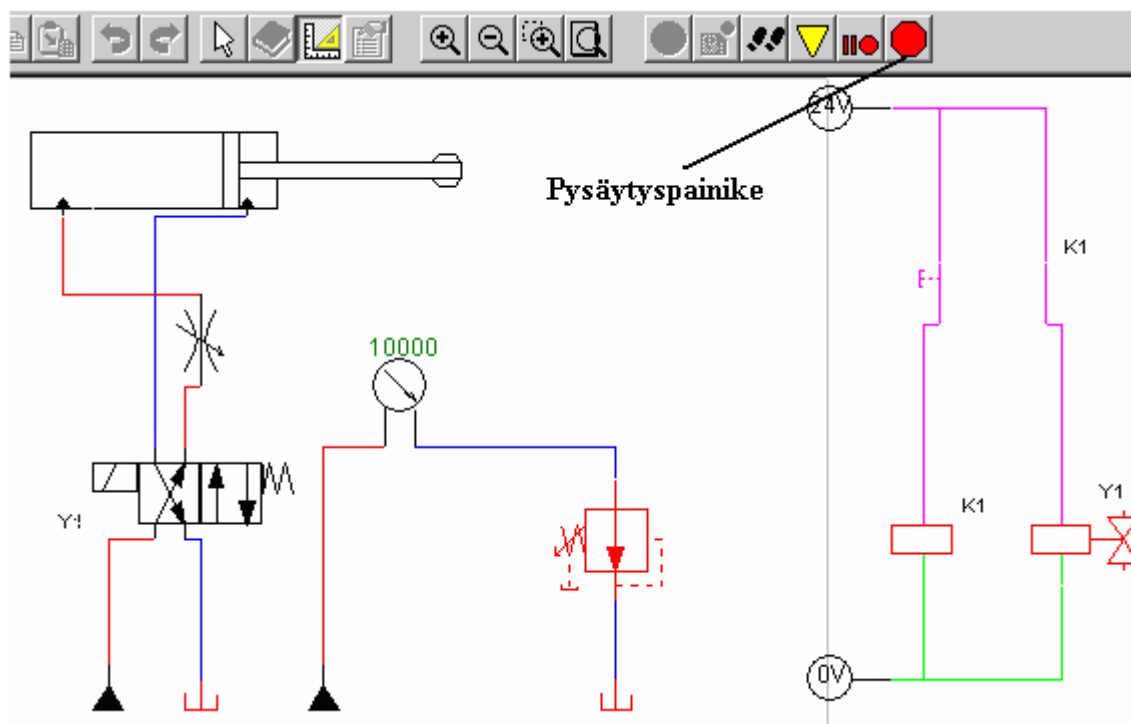


Kuva 7. Valmis virtapiiri

4. Toiminnan simuloiminen



Kuva 8. Simulointi, Piiri painonappi ylhäällä



Kuva 9. Simulointi, painonappi painettuna

4. Simuloinnin suorittaminen

- Ennen simulointia, sulje Main Library x-kohdasta
- Aloita simulointi painamalla vihreästä simulointi-painikkeesta (kts. Kuva 8.)
- Piiri on nyt paineellinen
- Paina painonappia, niin huomaa, että sylinteri ojentuu
- Päästä napista. Sylinteri palautuu
- Sammuta hydraulipiiri pysäytyspainikkeesta (kts. Kuva 9.)

Komponenttiluettelo

Harjoituksessa on monia komponentteja, joita voi olla vaikea löytää hyllystä jos ei tiedä niiden ulkonäköä ennalta. Löytämistä helpottaa kirjainyhdistelmät osien kyljessä.

| <u>Komponentti</u> | <u>Kirjainyhdistelmä</u> |
|--|------------------------------|
| Paineenrajoitusventtiili _ _ _ _ _ | DD1.N |
| Sylinteri (kaksitoiminen) _ _ _ _ _ | ZY3.1N |
| Painekytin _ _ _ _ _ | DD6E.3 |
| Suuntaventtiili 4/2 _ _ _ _ _ | DW3E.NV |
| Suuntaventtiili 4/3 (vapaa keskiasento) _ _ _ _ _ | DW4E.NV |
| Suuntaventtiili 4/3 (suljettu keskiasento) _ _ _ _ _ | DW13.NV |
| Vastusvastaventtiili _ _ _ _ _ | DF2.2N |
| Lähestymiskytkin _ _ _ _ _ | kuormatun sylint. yhteydessä |
| Paineakku _ _ _ _ _ | DZ3.4N |
| Risteys kappale _ _ _ _ _ | DZ4.2N |
| Sulkuventtiili _ _ _ _ _ | DZ2.1N |
| Painemittari _ _ _ _ _ | DZ1.4 |
| Kuristinventtiili _ _ _ _ _ | DF1.2N |
| Takaskuventtiili (eli vastusventtiili) _ _ _ _ _ | DZ2.X |
| Hydraulimoottori _ _ _ _ _ | DM2.1N |
| Mittalasi _ _ _ _ _ | kiinni hyd.vaunun sermissä |