

Referate

'n Analise van aspekte van 'n roteerenjin met 'n epitrogoïed as rotor

H.J. le Roux

Laboratorium vir Energie, R.A.U., Posbus 524, Johannesburg 2000

UITTREKSEL

Ten einde die verskillende tipes binnebrandenjins te kan evalueer en ook met mekaar te kan vergelyk, is verskillende modelle nodig. Die referaat rapporteer 'n ontleding van aspekte van 'n roteerenjin met 'n epitrogoïed as rotor. Daar word gekonsentreer op aspekte soos rotorbeweging, die kinematika van seëlelemente en die verplasing-volume van die roteerenjin. In die bespreking word daar meer algemeen gekyk na roteerenjineienskappe.

ABSTRACT

An analysis of aspects of a rotary engine with an epitrochoid as rotor

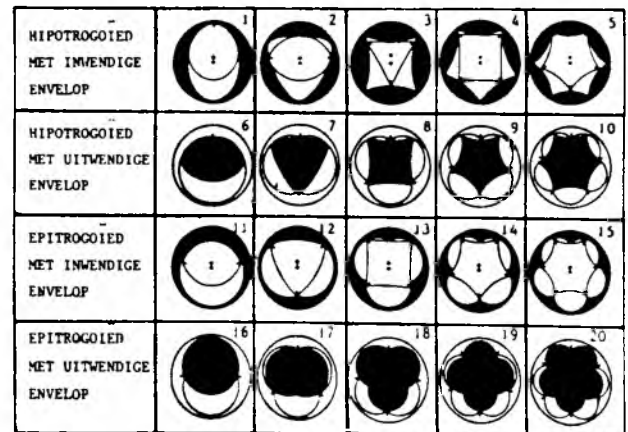
In order to evaluate and compare the different types of internal combustion engine various models are needed. This paper reports on an analysis of various aspects of a rotary internal-combustion engine using an epitrochoid as rotor. Aspects such as rotor movement, kinematics of sealing elements as well as displacement volume are considered. In the discussion certain other aspects such as surface-area to volume ratio and compression ratios are included.

In die laat vyftiger en vroeë- sestigerjare is daar met nuwe belangstelling navorsing gedoen op die gebied van binnebrandroteerenjins. Die resultaat van hierdie navorsing was die Wankelenjin, wat tot voor die brandstofkrisis van 1973 gebruik is as kragbron in verskeie passasiersmotors. Die Wankelenjin het egter 'n hoër brandstofverbruik getoon as sy suierenjine-eweknie. Hierdie hoër brandstofverbruik is hoofsaaklik te wyte aan verliese deur lekkasie by die seëlelemente.^{1,2,3,4}

Die Wankelenjin maak gebruik van 'n driehoekvormige inwendige envelop as rotor en 'n tweelobbigte epitrogoïed as stator. Die seëlelemente wat bestaan uit die radiale seëls, hoekseëls en kantseëls word gedra deur die rotor en voer gevolglik bewegings soortgelyk aan die beweging van die rotor uit. Die Wankelenjin is van die planetêre bewegings-tipe enjins in teenstelling met eenvoudige bewegings-tipe enjins wat ook deur verskeie instansies ontwikkel is, maar wat onprakties skyn te wees.^{5,6} Die Wankelenjin, is maar een van verskeie trogoïdale konfigurasies wat gebruik kan word. Aanvanklike roteerenjins-ontwikkeling het eintlik aktief begin raak met die publisering van hierdie konfigurasies deur Cooley in 1903.⁷

Die bruikbare konfigurasies in Cooley se trogoïdale rooster kan in twee kategorieë ingedeel word, naamlik dié konfigurasies waar gebruik gemaak word van 'n inwendige envelop as rotor met 'n epitrogoïed as stator – oftewel Wankeltipe masjiene – en dié konfigurasies wat gebruik maak van 'n epitrogoïed as rotor met 'n uitwendige envelop as stator – oftewel Cooley-tipe masjiene.

By die Randse Afrikaanse Universiteit se Laboratorium vir Energie is daar oor 'n tydperk van vyf jaar



FIGUUR 1: Cooley se trogoïdale rooster.

navorsing gedoen op 'n Cooley-tipe masjiene. Hierdie masjiene maak gebruik van 'n vierlobbigte epitrogoïdale rotor en 'n gemodifiseerde uitwendige envelop as stator. Die seëlelemente word in hierdie geval gehuisves in die statiese gedeelte van die masjiene.

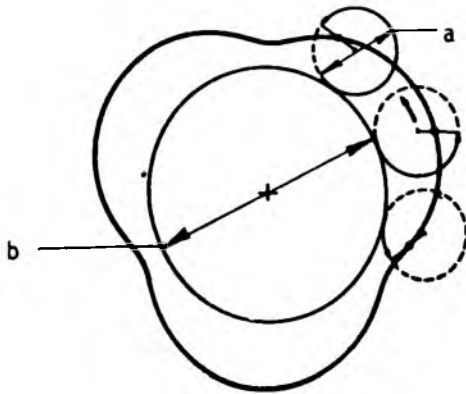
DIE GENERASIE VAN TROGOÏDES EN ENVELOPS

Trogoïdes en envelops speel 'n belangrike rol by trogoïdale roteerenjins waar beide gebruik kan word as rotors of statore wanneer 'n spesifieke konfigurasie as 'n binnebrandenjin gebruik word. Lockley⁶ toon aan dat die reeks van kurwes wat gestip word deur punte in die vlak van 'n sirkel wat sonder glijp rol op die omtrek van 'n vaste of basissirkel bekend staan as trogoïdale kurwes. Hierdie rollende sirkel kan of op die binnekant of op die buitekant van die vaste sirkel rol. Indien aangeneem word dat a en b die

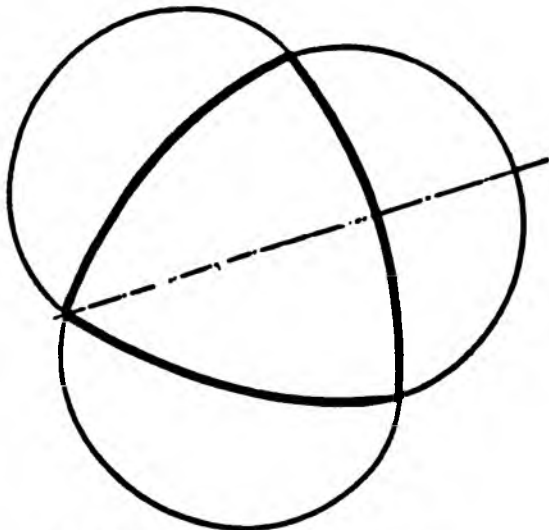
radii is van die rollende en basissirkels onderskeidelik dan kan trogoïdes as volg gegeneer word:

- (i) Indien die rollende sirkel op die binnekant van die omtrek van die basissirkel rol (d.i. wanneer $a < b$) is die resulterende figuur 'n hipotrogoïed.
- (ii) Indien die rollende sirkel op die buitekant van die omtrek van die basis sirkel rol met $a < b$ is die resulterende figuur 'n epitrogoïed.
- (iii) Indien die rollende sirkel se radius a groter is as die radius b van die basissirkel, en die rollende sirkel omsluit die basissirkel wanneer die rolbeweging uitgevoer word dan is die resulterende figuur ook 'n epitrogoïed.

'n Voorbeeld van 'n epitrogoïed wat volg wanneer aan die vereistes soos gestel in (ii) voldoen word, word in Figuur 2 getoon. In hierdie geval is $a = 0,333b$.



FIGUUR 2: Generasie van epitrogoïdes.



FIGUUR 3: Generasie van envelops.

Lockley⁶ toon verder aan dat envelops gegeneer word deur die trogoïed konsentries te verbind met die basissirkel met radius b en dan hierdie trogoïed en basissirkel te rol op die binnekant van die vorige rollende sirkel met radius a wat nou staties gehou word terwyl die rolprosedure plaasvind.

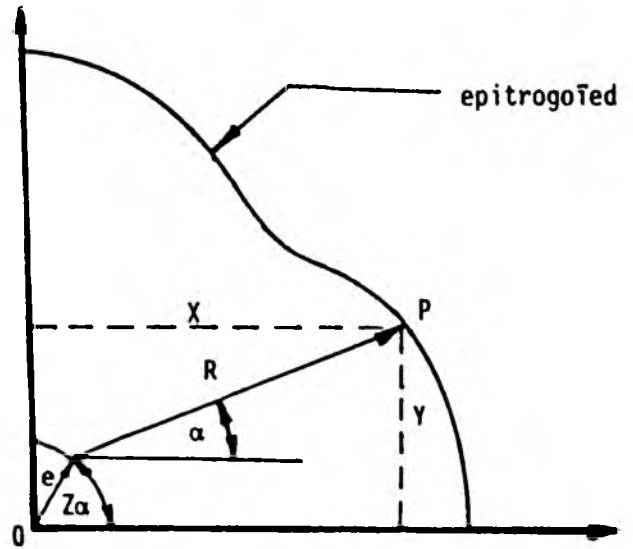
Kurwes wat so gegeneer word, word aangetoon as inwendige en uitwendige envelops. Die Wankelenjin maak gebruik van die inwendige, driehoekvormige envelop as rotor, soos getoon in Figuur 3.

KARAKTERISERING VAN EPITROGOÏDES

Met betrekking tot Figuur 4 kan die epitrogoïed in parametriese vorm gedefinieer word as:

$$\begin{aligned} X &= e \cos Z\alpha + R \cos \alpha \\ Y &= e \sin Z\alpha + R \sin \alpha \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

- waar e = eksentrisiteit
- Z = aantal kontakpunte tussen rotor en stator
- α = hoekrotasie van rollende sirkel
- R = som van radii van vaste en rollende sirkels.



FIGUUR 4: Konstruksie van epitrogoïedes.

DIE VERGELYKING VAN ROTORBEWEGING

Met verwysing na Figuur 5 kan die vergelyking vir die rotorbeweging afgelei word deur die volgende stappe te volg:

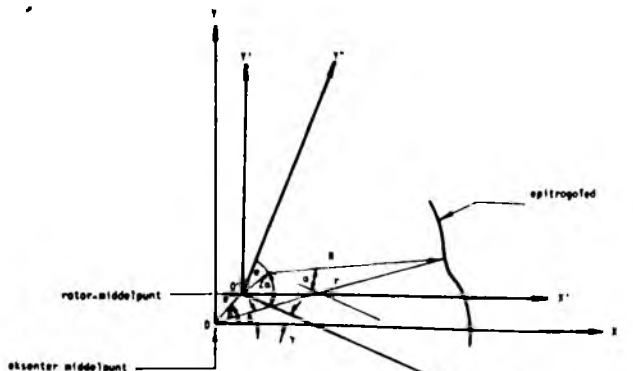
- (i) 'n Rotasie om punt O' om te transformeer vanaf die $X''Y''$ -as na die $X'Y'$ -as.
- (ii) 'n Translasie van punt O' om te transformeer van die $X'Y'$ -as na die XY -as.

Koördinate van enige punt P in die $X''Y''$ vlak kan in parametriese vorm as volg weergegee word:

$$\begin{aligned} X'' &= e \cos Z\alpha + R \cos \alpha \\ Y'' &= e \sin Z\alpha + R \sin \alpha \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Met verwysing na die $X'Y'$ -as kan die koördinate van dieselfde punt geskryf word as:

$$\begin{aligned} X' &= X'' \cos \gamma + Y'' \sin \gamma \\ Y' &= Y'' \cos \gamma - X'' \sin \gamma \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3)$$



FIGUUR 5: Rotorbeweging.

Indien vergelykings (2) en (3) gekombineer word, is die resultaat as volg:

$$\left. \begin{aligned} X' &= e \cos(Z\alpha - \gamma) + R \cos(\alpha - \gamma) \\ Y' &= e \sin(Z\alpha - \gamma) + R \sin(\alpha - \gamma) \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

'n Translasie van die X'Y'-as na die XY-as lewer die volgende:

$$\left. \begin{aligned} X &= e \cos \beta + e \cos(Z\alpha - \gamma) + R \cos(\alpha - \gamma) \\ Y &= e \sin \beta + e \sin(Z\alpha - \gamma) + R \sin(\alpha - \gamma) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

Soos aangetoon deur Lockley⁶ is $\gamma = \frac{\beta}{Z-1}$ en indien dit in vergelyking (5) benut word volg, dat:

$$\left. \begin{aligned} X &= e \cos \beta + e \cos\left(Z\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) + R \cos\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \\ Y &= e \sin \beta + e \sin\left(Z\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) + R \sin\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

Verder geld ook dat:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ &= \left[2e^2 R^2 + 2e^2 \cos Z\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \right. \\ &\quad \left. + 2eR \cos\left(\alpha - \frac{Z\beta}{Z-1}\right) + 2eR \cos(Z-1)\alpha \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \dots (7)$$

en

$$\tan \theta = \frac{Y}{X} \dots (8)$$

In die geval waar 'n vierlobbige rotor in 'n vyfpunt stator gebruik word, resulteer vergelyking (6) in die volgende:

$$\left. \begin{aligned} X &= e \cos \beta + e \cos\left(5\alpha - \frac{\beta}{4}\right) + R \cos\left(\alpha - \frac{\beta}{4}\right) \\ Y &= e \sin \beta + e \sin\left(5\alpha - \frac{\beta}{4}\right) + R \sin\left(\alpha - \frac{\beta}{4}\right) \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

KINEMATIKA VAN DIE RADIALE SEËLS

Hierdie masjien verskil soos reeds genoem van die Wankelenjin ten opsigte van die plasing van die seëls. In hierdie geval is die seëls gehuisves in die stator en omdat die seëls dus in die statiese gedeelte van die masjien geplaas word speel traagheidskragte in teenstelling met die Wankelenjin nie 'n rol nie. Kragte wat hier ter sprake is, is dus gaskragte, veerkragte en wrywingskragte. Navorsing en ondervinding met die Wankelenjin het getoon dat die grootste mate van lekkasie by die radiale seëls voorkom en daarom word die ontleding hier toegespits op dié seëls.^{1,2,3,4}

Indien vergelyking (6) gedifferensieer word met betrekking tot tyd kan die snelheidskomponente in die X- en Y rigting, X en Y onderskeidelik gevind word. Die afgeleide van β met betrekking tot tyd $\frac{d\beta}{dt}$ is dan gelyk aan die as of eksenter snelheid ω .

Dus:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \frac{dX}{dt} = -\omega \left[e \sin \beta - \frac{e}{Z-1} \sin\left(Z\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{R}{Z-1} \sin\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \right] \\ \dot{Y} &= \frac{dY}{dt} = -\omega \left[e \cos \beta - \frac{e}{Z-1} \cos\left(Z\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{R}{Z-1} \cos\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) \right] \dots (10) \end{aligned}$$

Met betrekking tot 'n vierlobbige rotor resulteer vergelykings (10) in:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \omega \left[e \sin \beta - \frac{e}{4} \sin\left(5\alpha - \frac{\beta}{4}\right) - \frac{R}{4} \sin\left(\alpha - \frac{\beta}{4}\right) \right] \\ \dot{Y} &= \omega \left[e \cos \beta - \frac{e}{4} \cos\left(5\alpha - \frac{\beta}{4}\right) - \frac{R}{4} \cos\left(\alpha - \frac{\beta}{4}\right) \right] \end{aligned} \dots (11)$$

en

$$\begin{aligned} V &= \omega \left[e^2 + \frac{e^2}{16} + \frac{R^2}{16} + \frac{eR}{8} \cos 4\alpha - \frac{e^2}{2} \cos 5\left(\frac{\beta}{4} - \alpha\right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{eR}{2} \cos\left(\frac{5\beta}{4} - \alpha\right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots (12) \end{aligned}$$

Die maksimum glyselheid verby enige radiale seël kom dus voor waar:

$$\alpha = \frac{n}{2} \pi \quad (n = 0, 1, 2, \dots \infty)$$

vir ooreenstemmende waardes van β as volg:

$$\beta = \frac{4n\pi}{5} + \frac{2n\pi}{5} \quad (n = 0, 1, 2 \dots \infty)$$

As hierdie waardes van α en β in vergelyking (11) vervang word, word gevind dat:

$$V_{\max} = \frac{\omega}{4} (5e + R) \dots (13)$$

of in die algemene geval:

$$V_{\max} = \frac{\omega}{Z-1} (Ze + R) \dots (14)$$

Die minimum glyselheid verby 'n radiale seël kom voor waar:

$$\alpha = \frac{n\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \quad (n = 0, 1, 2 \dots \infty)$$

vir ooreenstemmende waardes van β as:

$$\beta = \frac{\pi}{5} + \frac{2n\pi}{5} \quad (n = 0, 1, 2 \dots \infty)$$

Indien hierdie waardes van α en β vervang word in vergelyking (11) volg dat:

$$V_{\min} = \frac{\omega}{4} (5e - R) \dots (15)$$

of vir die algemene geval:

$$V_{\min} = \frac{\omega}{Z-1} (Ze - R) \dots (16)$$

Indien vergelyking (1), wat met behulp van Figuur 4 afgelei is, in gedagte gehou word, kan gesien word

dat die maksimum gylselheid altyd op die kruin van die epitrogoïed voorkom terwyl die minimum gylselheid altyd in 'n vallei van die epitrogoïed voorkom.

DIE VERPLASINGSVOLUME

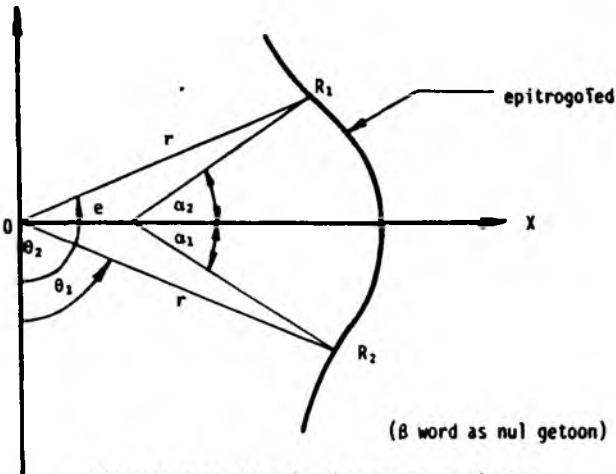
Die verplasing van 'n roteerenjin van hierdie tipe word gegee deur:

$$V_s = A_s \times B \dots\dots\dots (17)$$

waar A_s = geprojekteerde area verandering per kamer van die enjin (verwys na Figuur 7)

B = rotorwydte

Met betrekking tot Figure 6 en 7 kan A_s as volg afgelei word:



FIGUUR 6: Berekening van verplasing.

Die area van die sektor wat begrens word deur die epitrogoïed en die radiale lyne OR_1 en OR_2 word gegee deur:

$$A = \frac{1}{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} r^2 d\theta \dots\dots\dots (18)$$

$$= \frac{1}{2} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} r^2 \left(\frac{d\theta}{d\alpha}\right) d\alpha \dots\dots\dots (19)$$

Dit volg egter van vergelyking (8) dat $\tan \theta = \frac{Y}{X}$

Dus

$$\frac{d}{d\alpha} (\tan \theta) = \frac{X \left(\frac{dY}{d\alpha}\right) - Y \left(\frac{dX}{d\alpha}\right)}{X^2}$$

$$\therefore \sec^2 \theta \frac{d}{d\alpha} = \frac{X \frac{dY}{d\alpha} - Y \frac{dX}{d\alpha}}{X^2}$$

$$\text{maar } \sec^2 \theta = 1 + \tan^2 \theta = \frac{X^2 + Y^2}{X^2} = \frac{r^2}{X^2}$$

$$\therefore \frac{d}{d\alpha} = \frac{X \frac{dY}{d\alpha} - Y \frac{dX}{d\alpha}}{r^2} \dots\dots\dots (20)$$

Vergelyking (19) kan dus vervang word deur:

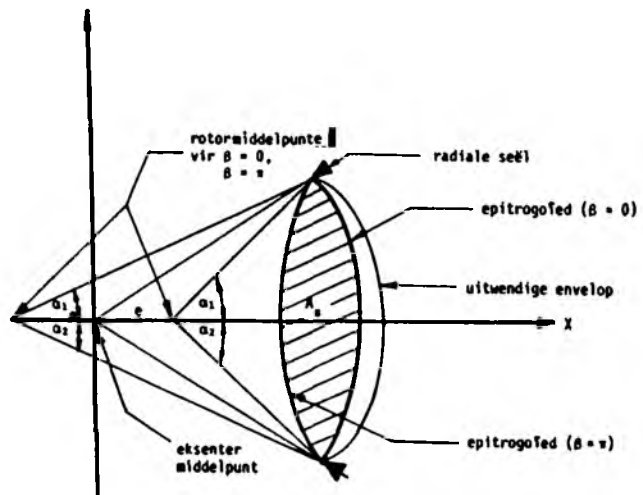
$$A = \frac{1}{2} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left(X \frac{dY}{d\alpha} - Y \frac{dX}{d\alpha}\right) d\alpha \dots\dots\dots (21)$$

of te wel

$$A = \frac{1}{2} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left[Ze^2 + R^2 + Ze^2 \cos Z\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) + eR \cos \left(\alpha - \frac{Z}{Z-1}\beta\right) + (Z+1)eR \cos (Z-1)\alpha \right] d\alpha \dots (22)$$

$$A = \frac{1}{2} \left[Ze^2\alpha + R^2\alpha + Ze^2 \sin Z\left(\alpha - \frac{\beta}{Z-1}\right) + eR \sin \left(\alpha - \frac{Z}{Z-1}\beta\right) + \frac{(Z+1)}{Z-1} eR \sin (Z-1)\alpha \right]_{\alpha_1}^{\alpha_2} \dots\dots\dots (23)$$

A_s word verkry wanneer die eksenter beweeg vanaf die posisie $\beta = 0$ tot by $\beta = \pi$ soos aangetoon word in Figuur 7.



FIGUUR 7: Berekening van verplasing.

Dit kan aangetoon word dat vir $\beta = 0$, is $\alpha_1 = -\frac{\pi}{Z}$ en $\alpha_2 = \frac{\pi}{Z}$ respektiewelik. Die ooreenstemmende waardes vir $\beta = \pi$ is $\alpha_1 = \frac{\pi}{Z(Z-1)}$ en $\alpha_2 = \frac{2Z-1}{Z(Z-1)} \cdot \pi$ onderskeidelik. Hierdie waardes vervang in vergelyking (23) lewer:

$$A_{\beta=0} = \frac{1}{2} \left[Ze^2\alpha + R^2\alpha + Ze^2 \sin Z\alpha + eR \sin \alpha + \frac{(Z+1)}{Z-1} eR \cdot \sin (Z-1)\alpha \right]_{-\frac{\pi}{Z}}^{\frac{\pi}{Z}} \dots (24)$$

en

$$A_{\beta=\pi} = \frac{1}{2} \left[Ze^2 + R^2\alpha + Ze^2 \sin \alpha \left(\alpha - \frac{\pi}{Z-1}\right) + eR \sin \left(\alpha - \frac{Z}{Z-1}\pi\right) + \frac{(Z+1)}{Z-1} eR \sin (Z-1)\alpha \right]_{\frac{\pi}{Z(Z-1)}}^{\frac{(2Z-1)\pi}{Z(Z-1)}} \dots\dots\dots (25)$$

Die eerste twee terme in vergelykings (24) en (25) kan geïgnoreer word as gevolg van die feit dat wanneer die finale area A_s bereken word deur $A_{\beta=0} - A_{\beta=\pi}$

hierdie twee terme nul sal lewer. Dit word eenvoudig meegebring deur die feit dat die verskil tussen die limiete van die integrale dieselfde is in beide gevalle.

Dus:

$$A_{F\beta=0} = \frac{1}{2} \left[2eR \sin \frac{\pi}{2} + \frac{2(Z-1)}{Z-1} eR \sin \frac{(Z-1)}{Z} \pi \right] \dots \dots \dots (26)$$

en

$$A_{F\beta=0} = \frac{1}{2} \left[eR \sin \frac{(Z+1)}{Z} \pi - eR \sin \frac{(Z-1)}{Z-1} \pi + \frac{(Z+1)}{Z-1} eR \sin \frac{(27-1)}{Z-1} \pi - \frac{(Z+1)}{Z-1} eR \sin \frac{\pi}{Z} \right] \dots \dots \dots (27)$$

maar aangesien $\sin(\pi + \frac{\pi}{Z}) = -\sin \frac{\pi}{Z}$
 $\sin(\pi - \frac{\pi}{Z}) = -\sin \frac{\pi}{Z}$ (28)
 $\sin(2\pi - \frac{\pi}{Z}) = -\sin \frac{\pi}{Z}$

geld dan dat:

$$A_{F\beta=0} = -\frac{1}{2} \left[2eR \sin \frac{\pi}{Z} + \frac{2(Z+1)}{Z-1} eR \sin \frac{\pi}{Z} \right] (29)$$

$$A_{F\beta=\pi} = -\frac{1}{2} \left[2eR \sin \frac{\pi}{Z} + \frac{2(Z-1)}{Z-1} eR \sin \frac{\pi}{Z} \right] (30)$$

maar omdat

$$A_s = A_{F\beta=0} - A_{F\beta=\pi} \text{ geld dan:}$$

$$A_s = \frac{4Z}{Z-1} eR \sin \frac{\pi}{Z}$$

Wanneer 'n vierlobbige rotor gebruik word geld dan:

$$A_s = 5eR \sin \frac{\pi}{5} \dots \dots \dots (32)$$

$$\doteq 2,94 eR \dots \dots \dots (33)$$

Die verplasing per kamer wanneer die rotor dus van die boonste punt ($\beta=0$) tot by die onderste punt ($\beta=\pi$) beweeg, kan dan bepaal word uit vergelyking (17) vir die algemene geval as:

$$V_s = \frac{4Z}{Z-1} eR \sin \frac{\pi}{Z} \cdot B \dots \dots \dots (34)$$

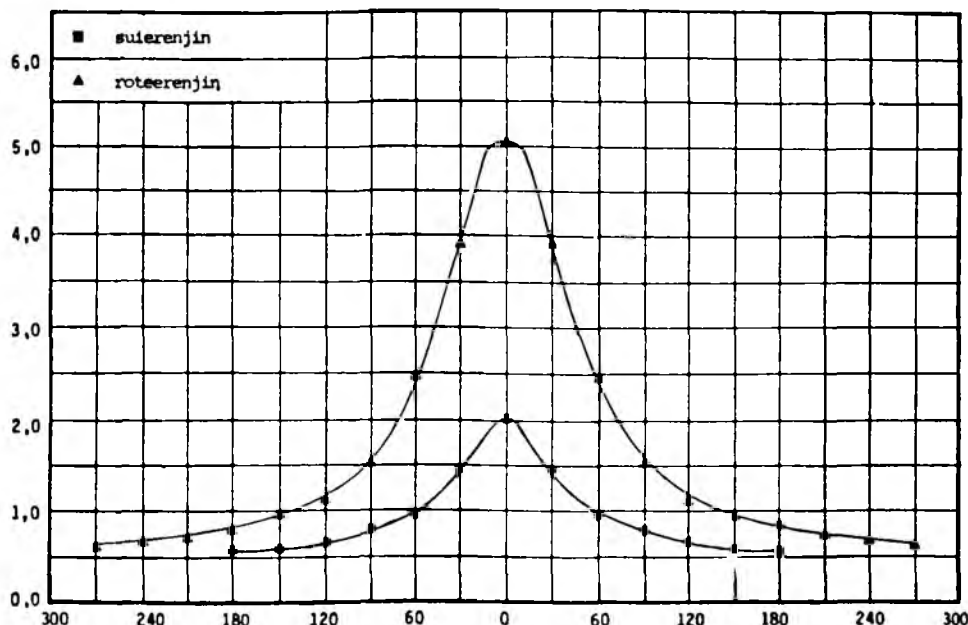
Vir die geval wanneer 'n vierlobbige rotor gebruik word geld dan:

$$V_s \doteq 2,94 eRB \dots \dots \dots (35)$$

BESPREKING

Die vergelykings wat afgelei is, dien tesame met die algemene vergelykings wat van toepassing is op trogoïdale roteerenjins as handige instrumente by die karakterisering van die epitrogoïed-rotoreenjin. Wanneer nuwe konfigurasies wat as binnebrandenjins gebruik word ondersoek word, ontstaan daar altyd die behoefte aan vergelyking met bestaande binnebrandenjins. Die aanwending van die afgeleide vergelykings maak so 'n vergelyking moontlik. Seëlgedrag, wat altyd 'n belangrike parameter is by roteerenjins, word ook duidelik beskryf deur die model en maak dus weer eens vergelyking met ander tipes van roteerenjins sowel as met die konvensionele suierenjins moontlik.

'n Parameter wat van groot belang is in die vergelyking van roteerenjins en suierenjins is die oppervlakte-tot-volume-verhouding. Deur 'n verwerking van die toepaslike vergelykings wat afgelei is vir die model kan 'n goeie vergelyking tussen roteerenjins en suierenjins ten opsigte van die oppervlakte-tot-



FIGUUR 8: Oppervlakte-tot-volume-verhouding.

KONFIGURASIE-NOMMER	SAMEDRUKKINGSVERHOUDING VIR $e/R = 0,1667$
11	>100
12	15,5
13	7,5
14	6,0
15	4,0
16	>100
17	>100
18	>100
19	>100
20	>100

FIGUUR 9: Samedrukkingsverhoudings vir roteerenjins.

volume-verhouding gemaak word soos in Figuur 8⁷ aangetoon word. Figuur 8 toon die situasie aan wanneer 'n Wankelenjin vergelyk word met 'n suierenjin wat 'n hemisfere ontbrandingskamer gebruik. Die groot verskil in oppervlakte-tot-volume-verhouding, veral in die omgewing van die boonste dooie punt, moet noodwendig tot hitteverlies lei wat die effektiwiteit van die enjin sal beïnvloed. Soos aangetoon deur die skrywer in 'n literatuurstudie⁷ is daar nog nie eenstemmigheid bereik deur verskeie navorsers oor wat die bydrae van hitteverlies as gevolg van die hoër oppervlakte-tot-volume-verhouding tot die laer effektiwiteit van trogoïdale roteerenjins is nie.

Die verhouding e/R het 'n beduidende invloed op beide die samedrukkingsverhouding sowel as op die wringkragskurwe en drywingskurwe van Wankel-tipe roteerenjins. Die maksimum samedrukkingsverhouding vir Wankel-tipe en Cooley-tipe masjiene word in Figuur 9 getoon.⁹ (Die konfigurasienommer stem ooreen met die konfigurasienommer in Figuur 1.)

Konfigurasie nommer 12 is die Wankelenjin terwyl konfigurasie 19 die enjin is waaroor in hierdie referaat gerapporteer word. Vanweë die vorm van die ontbrandingskamer by die Wankelenjin word 'n indentasie in die envelop-rotor gemasjineer om verbranding te begunstig. In die geval van die epitrogoïed-rotoreenjin word die stator gevorm om 'n gunstige verbrandingskamer te lewer. As in ag geneem word dat 'n bruikbare samedrukkingsverhouding in die omgewing van 9:1 is, kan gesien word uit Figuur 9 dat daar veel meer ruimte is om die ontbrandingskamer van die epitrogoïed-rotoreenjin te vorm sonder om te eindig met 'n onpraktiese lae samedrukkingsverhouding as wat die geval is met die Wankelenjin.

Die Wankelenjin word algemeen aanvaar as 'n kragbron wat maksimum wringkrag en maksimum drywing teen relatief hoë omwentelingspoed lewer met 'n steil verloop in beide drywings- en wringkragskurwes. Hierdie eienskap is te wyte aan die lae e/R -verhoudings wat gebruik moet word om die skuinshoek op ongeveer 20° te hou. Navorsing op roteerenjins met 'n e/R -verhouding en skuinshoek in die omgewing van 0,25 en 50° onderskeidelik het getoon dat wringkrags- en drywingseienskappe sodanig verander dat dit geskik is vir lugvaartkundige en landboukundige toepassings.¹⁰

LITERATUURVERWYSINGS

- Eberle, M.K. en Klomp, E.D. (1973). An Evaluation of the Potential Performance Gain from Leakage Reduction in Rotary Engines, *SAE paper 730117*, 454-460.
- Lawton, B. en Millar, D.H. (1974). Leakage and Heat Release in Rotary Piston Engines, Part I, *Journal of Automotive Engineering*, Vol. 5, No. 3, 15-20.
- Lawton, B. Millar, D.H. (1974). Leakage and Heat Release in Rotary Piston Engines. Part II: Heat Release, *Journal of Automotive Engineering*, Vol. 5, No. 4, 16-21.
- McGuiston, F.D. Junr. (1975). An Analytical Evaluation of the Effect of Leakage on NO Emission from a Rotary Engine, *SAE paper 750023*, 135-140.
- Wankel, F. (1965). *Rotary Piston Machines*, (Iliffe, London).
- Ansdale, R.F. (1968) *The Wankel RC Engine, Design and Performance*, (Iliffe, London).
- Le Roux, H.J. (1980). *The Design, Manufacture and Preliminary Testing of a Rotary Engine with an Epitrochoidal Rotor*, M.Sc.-verhandeling, (Universiteit van die Witwatersrand, Johannesburg).
- Robinson, F.J. en Lyon, J.R. (1976). An Analysis of Epitrochoidal Profiles with Constant Difference Modification Suitable for Rotary Expanders and Rumps, *Journal of Engineering for Industry*, 161-165.
- Dornier-Huf. (1966). *Information document*.
- Van Wyk, A.J.; Myburgh, I.S.; Wilson G.R. (1975). *Design Considerations and Testing of a Rotary Combustion Engine*, WNNR-verslag ME 1367.