

## Het hoekversnellingsverloop van een schakel uit een mechanisme met meer dan vier schakels

**Citation for published version (APA):**

Dijksman, E. A. (1963). Het hoekversnellingsverloop van een schakel uit een mechanisme met meer dan vier schakels. *De constructeur*, 2(12), 248-252.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1963

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**Het hoekversnellingsverloop van een schakel uit een mechanisme met meer dan vier schakels**

Drs. E. A. Dijkman,  
sectie Constructies en Mechanismen van de afdeling der Werktuigbouwkunde, Technische Hogeschool Eindhoven.

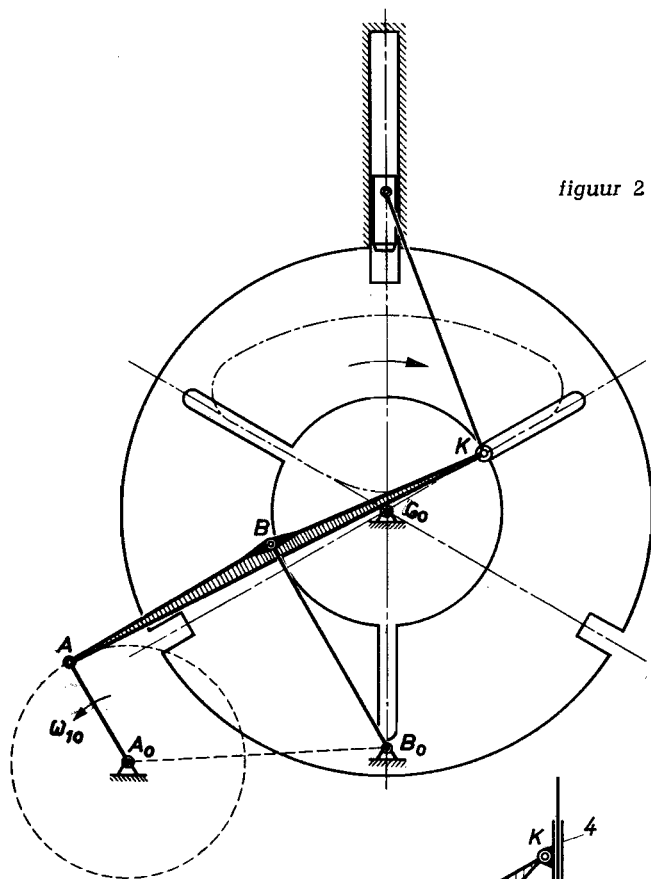
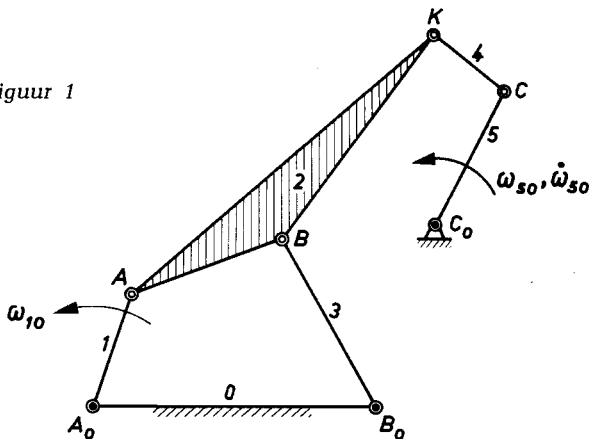
Voor een koppelmechanisme van 6 schakels, waarbij een met het gestel verbonden tweeslag door het koppelpunt van een stangenvierzijde wordt aangedreven, is een methode met een hoge graad van nauwkeurigheid ontwikkeld voor het bepalen van de hoekversnelling van de uitgangsschakel. Daarbij is het mechanisme ontleed in een drietal stangenvierzijden, voor ieder waarvan het probleem direct oplosbaar is. Een voor de praktijk toepasselijk voorbeeld is het maltezer-kruis mechanisme, dat door het koppelpunt van een stangenvierzijde wordt aangedreven. Mogelijkheden tot toepassing van deze methode op gecompliceerder mechanismen zijn aanwezig.



1. Inleiding

Een vlak mechanisme met meer dan vier schakels, dat onmiddellijk op de stangenvierzijde volgt, is een stangenmechanisme met 6 schakels. Een veel voorkomende vorm hiervan is geschetst in *figuur 1*. Het koppelpunt K van de stangenvierzijde ( $A_0ABB_0$ ) drijft hierbij een tweeslag KCC<sub>0</sub> aan. De ingangschakel van dit mechanisme is de kruk AA<sub>0</sub>, terwijl CC<sub>0</sub> als de uitgangsschakel van dit mechanisme wordt beschouwd.

figuur 1



figuur 2

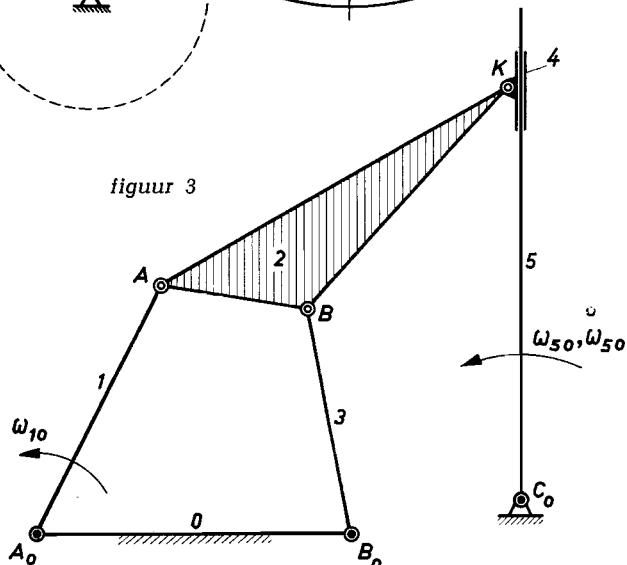
Een speciale toepassing van het mechanisme van *figuur 1*, vindt men bij het maltezer-kruis, dat door het koppelpunt van een stangenvierzijde wordt aangedreven. (Zie de figuren 2 en 3).

Het is de opzet van dit artikel voor dit type mechanisme een doeltreffende methode te ontwikkelen voor het bepalen van het hoekversnellingsverloop van de uitgangsschakel, als de ingangsschakel AA<sub>0</sub> met **gelijkmatige** hoeksnelheid  $\omega_{10}$  wordt aangedreven.

2. Het mechanisme van figuur 1

De beweging van de koppeldriehoek ABK kan samengesteld gedacht worden uit een **translatiebeweging**, als sleepbeweging, waarbij elk punt van het

figuur 3



figuur 3. — Principe-schema van een maltezer-kruis aangedreven door een stangenvierzijde.

Maar het uitvoeren van een gewafelde constructie aan een gemonteerde machine die spoedig in bedrijf moest, was onmogelijk.

Dus wij konden de warmteafgifte niet vermijden of verminderen, wij konden ook de vervorming niet tegen gaan. Waren wij dan niet in staat een schoen te maken die geen nadelige invloed ondervond van de optredende vervormingen? De remschoen met de starre remvoering is zeer gevoelig voor een oppervlaktevervorming van de velg. Een verhoging van de langs de remschoen draaiende velg belast de remvoering plaatselijk, maar, al draaiend, over de gehele schoenlengte, veel en veel te zwaar, doordat de rest van het voeringsoppervlak niet meer aanligt. Het remvoeringsoppervlak moet dus kunnen meegeven; het idee van de verende remschoen was geboren.

Op platen van verenstaal lang 300 mm, gelijk de remschoenbreedte, en breed 100 mm, werd de remvoering geplakt. Door middel van 4 speciale bouten werden de platen op tussenringen op de remschoenen gebout, zie figuur 10. De veelhoek die aldus ontstaat, werd rondgeslepen met  $R = 2150$  mm. Drukt men deze voering nu tegen de velg, dan zal

de vlaktedruk in het midden van de veerplaat nageenoeëg nihil zijn. De veer moest dus een voorspanning hebben, waartoe hij voorgebogen zou kunnen worden. Dit voorbuigen was moeilijk en duur en daarom werd de remvoering rond geslepen met een pijl van 1,8 mm en wel zodanig, dat indien de voering plat tegen de velg gedrukt werd, de berekende vlaktedruk bereikt was.

Nadat deze verbeteringen aangebracht waren konden de zwaarste noodzakelijke remproeven worden genomen en de rem bleef nu onder alle omstandigheden volkomen betrouwbaar. Bij de zwaarste proef werd een arbeid van 4000 tm zonder moeilijkheden opgenomen.

Hoewel onze blokkenremmen met het schuivende draaipunt en de verende remschoen aan alle eisen voldoen die tegenwoordig gesteld worden, hebben wij toch nog enkele wensen. Uit onze proeven blijkt, en de literatuur vermeldt dit ook, dat de wrijvingscoëfficiënt van remvoeringen, bij het ene type meer dan bij het andere, afhankelijk is van snelheid en vlaktedruk. Hopelijk zal een verdere ontwikkeling in het remvoeringmateriaal deze bezwaren kunnen wegnemen.

### **Constructeurs wederom bijeen**

Op donderdag 30 januari 1964 zal een tweede bijeenkomst van constructeurs worden gehouden en wel in het Jaarbeursrestaurant te Utrecht, Vredenburg 43. Aanvang 14.00 uur.

Op het programma staan twee voordrachten, resp. van *ir. F. C. W. Slooff* van Philips' Telecommunicatie Industrie N.V. te Hilversum over „**Stangenmechanismen**” en van *ir. H. Kapsenberg* van de Werf Gusto te Schiedam over „**Het doel en de constructie van hefellanden**”. Deze voordracht zal worden geïllustreerd met een korte film.

Deze tweede bijeenkomst van constructeurs te Utrecht volgt op die van 22 oktober j.l. toen een groot aantal constructeurs onder leiding van een organiserend comité bijeenkwam.

Men zal zich herinneren dat dit comité, bestaande uit *ir. A. Davidson*, *prof. ir. A. Horowitz*, *J. J. Reynart ing.*, *prof. dr. ir. W. L. H. Schmid*, *prof. ir. H. P. Stal* en *ir. E. J. J. Veldhuyzen*, zich op initiatief van de Bond voor Materialenkennis beraden heeft over de wenselijkheid van een landelijk contact van constructeurs bij de Nederlandse industrie.

Het comité kwam toen tot de conclusie, dat het inderdaad nuttig zou zijn een mogelijkheid te scheppen tot ontmoeting van constructeurs uit verschillende vakgebieden.

Evenals tijdens de eerste bijeenkomst zal ook op 30 januari a.s. naar aanleiding van de voordrachten gelegenheid bestaan tot discussie.

Belangstellende constructeurs zijn van harte welkom.

### **Van de redactie**

Met dit nummer sluiten wij het tweede jaargang van „de Constructeur” af.

De aan het einde van het eerste jaargang getrokken conclusie, dat ons blad voor de lezers in een duidelijke behoefte voorziet, is ook het afgelopen jaar onverminderd gebleken.

Dit feit vraagt om draagkracht van grotere redactionele verantwoordelijkheid, die wij menen te kunnen opbrengen met de steun van een redactie-adviescommissie.

Er zijn reeds voorbereidingen getroffen voor de vorming van een dergelijke commissie. De leden ervan hopen wij binnenkort aan U te kunnen voorstellen. Dank brengen wij aan de auteurs, voor hun in tweeërlei opzichten constructieve bijdragen, aan de Uitgever en zijn staf voor de goede samenwerking, en aan onze redactiemedewerkers, de heren H. Melissen en J. C. Tonnon voor hun toewijding.

Wij wensen de lezers een in alle opzichten bijzonder voorspoedig 1964 toe.

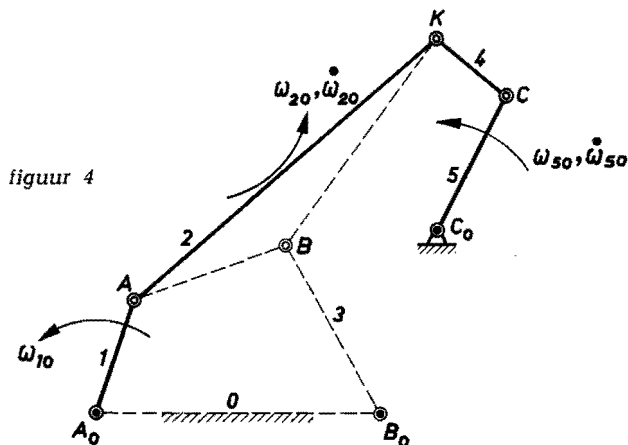
H. P. van Foreest,  
G. Reijngoud.

Het artikel „Levensduurberekening en gebruiksduurberekening bij wentellagers”, waarvan deel I in het november-nummer werd gepubliceerd, zal tot onze spijt pas in het januari-nummer kunnen worden vervolgd met deel II.

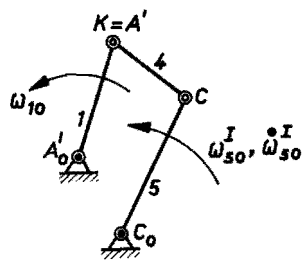
koppelvlak dezelfde baan als het punt A op dezelfde wijze doorloopt, en een relatieve rotatiebeweging van het koppelvlak om het punt A met dezelfde hoeksnelheid en hoekversnelling als die van de (absolute) beweging van het koppelvlak ten opzichte van het gestel.

De beweging van het koppelvlak K wordt voortgebracht door de beweging van de tweeslag  $A_0AK$ , waarbij  $AA_0$  met een gelijkmatige hoeksnelheid  $\omega_{10}$  en  $AK$  met een veranderlijke hoeksnelheid  $\omega_{20}$  ten opzichte van het gestel wordt aangedreven. (Zie figuur 4).

De translatiebeweging van het koppelvlak is speciaal voor het koppelvlak K gerealiseerd in figuur 5.



figuur 4



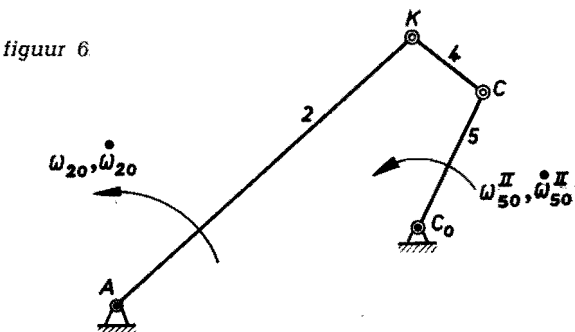
figuur 5

Doordat bij deze beweging het koppelvlak K dezelfde baan als het punt A dient te doorlopen, is  $A'A_0' = AA_0$  en  $A'A_0' \parallel AA_0$  als  $A' = K$ . De hoek-

versnelling  $\omega_{50}^I$  van de stang  $CC_0$ , bepaald door de beweging van de stangenvierzijde  $(A_0'A'CC_0)$ , waarvan  $A_0'A'$  met een constante hoeksnelheid van  $\omega_{10}$  wordt aangedreven, is een eerste bijdrage tot de hoekversnelling van  $CC_0$  uit het samengestelde mechanisme van figuur 1.

De rotatiebeweging van het koppelvlak om het punt A is speciaal voor het punt K gerealiseerd in figuur 6. Bij deze beweging heeft  $AK$  dezelfde hoeksnel-

heid ( $\omega_{20}$ ) en hoekversnelling ( $\omega_{20}$ ) als de hoeksnelheid en -versnelling van de koppelstang  $AB$  van de



figuur 6

stangenvierzijde  $(A_0ABB_0)$  bij gelijkmatige aandrijving van de kruk  $AA_0$  met de hoeksnelheid  $\omega_{10}$ .

De hoekversnelling  $\omega_{50}^{II}$  van de stang  $CC_0$ , bepaald door de beweging van de stangenvierzijde  $(AKCC_0)$ , waarvan  $AK$  met de veranderlijke hoeksnelheid  $\omega_{20}$  wordt aangedreven, is de tweede en laatste bijdrage tot de hoekversnelling van  $CC_0$  uit het samengestelde mechanisme van figuur 1.

Het probleem is dus nu teruggebracht tot een samenstelling van bewegingen, die ieder door een stangenvierzijde worden voortgebracht. (Van de Coriolis-versnelling, als mengterm bij deze samenstelling, heeft men hier geen last, door de keuze van een translatiebeweging als sleepbeweging.) Voor de stangenvierzijde is dit probleem echter eenvoudig oplosbaar. Het bepalen van de benodigde

hoekversnellingen  $\omega_{50}^I$ ,  $\omega_{20}$  en  $\omega_{50}^{II}$  in de overeenkomstige stangenvierzijden, zal in het hiernavolgende achtereenvolgens worden behandeld. Alleen de denkbeeldige stangenvierzijden  $(A_0'A'CC_0)$  en  $(AKCC_0)$  zullen resp. met de Romeinse cijfers I en II worden aangeduid.

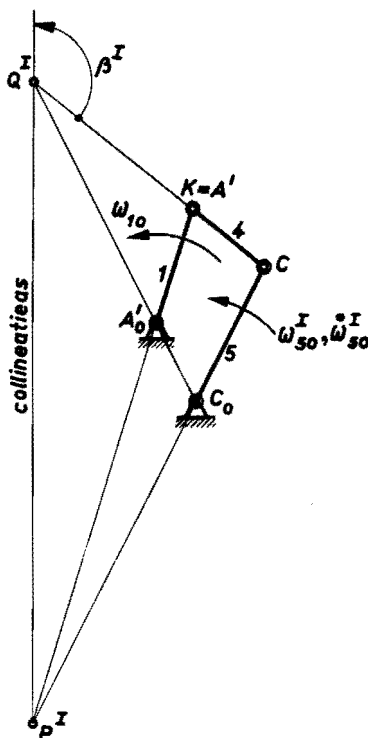
### 3. De stangenvierzijde $(A_0'A'CC_0)$

In een voorgaand artikel (1), gepubliceerd in dit blad, is aangetoond, dat bij gelijkmatige aandrijving van de kruk  $A_0'A'$  van een stangenvierzijde  $(A_0'A'CC_0)$ , de hoekversnelling  $\omega_{50}^I$  van de andere met het gestel verbonden schakel  $CC_0$  gevonden kan worden met behulp van de betrekking

$$\frac{\omega_{50}^I}{\omega_{10}^2} = i^I (1-i^I) \cot \beta^I \quad (1)$$

Hierin is  $\beta^I$  de hoek, die de collineatieas  $P^IQ^I$  van de stangenvierzijde met de koppelstang  $A'C$  maakt. (Zie figuur 7). Daarbij is afgesproken, dat de hoek  $\beta^I$  van de koppelstang naar de collineatieas linksom draaiend als positief wordt aangemerkt. Voorts is

$$i^I = \frac{Q^IA_0'}{Q^IC_0} \quad (2)$$



figuur 7

De grootheden  $\beta^I$  en  $i^I$  kunnen voor elke stand van het samengestelde mechanisme van *figuur 1* worden bepaald. (Zie *figuur 8*).

#### 4. De stangenvierzijde (A<sub>0</sub>ABB<sub>0</sub>)

Voor het bepalen van de hoekversnelling  $\omega_{20}$  van het koppelvlak behoeft van het samengestelde mechanisme alleen de positie bekend te zijn van de stangenvierzijde (A<sub>0</sub>ABB<sub>0</sub>), waarvan de kruk AA<sub>0</sub> met de **gelijkmatige** hoeksnelheid  $\omega_{10}$  wordt aangedreven. Verwisselt men bij de schakels 1 en 0 van gestel, dan kan men het probleem tot dat van de vorige paragraaf herleiden. A<sub>0</sub>B<sub>0</sub> roteert dan om A<sub>0</sub> met de gelijkmatige hoeksnelheid  $\omega_{01} = -\omega_{10}$ . Met AA<sub>0</sub> als denkbeeldig gestel, vindt men voor de

hoekversnelling  $\omega_{21}$  van schakel 2 ten opzichte van de analoge betrekking

$$\frac{\omega_{21}}{\omega_{01}^2} = i_{20} (1-i_{20}) \cot \beta_3 \quad (3)$$

$$\text{Hierin is } i_{20} = \frac{\omega_{21}}{\omega_{01}} = \frac{Q_{31}A_0}{Q_{31}A} = \frac{P_{20}A_0}{P_{20}A} \quad (4)$$

Daar  $\omega_{20} = \omega_{21} + \omega_{10} = \omega_{21} + 0 = \omega_{21}$  is ook

$$\frac{\omega_{20}}{\omega_{10}^2} = i_{20} (1-i_{20}) \cot \beta_3 \quad (5)$$

#### 5. De stangenvierzijde (AKCC<sub>0</sub>)

Bij deze stangenvierzijde heeft men de bijkomende omstandigheid, dat de ingangsschakel AK **ongelijkmatig** wordt aangedreven. Deze ongelijkmatigheid

heeft invloed op de hoekversnelling  $\omega_{50}^{II}$  van de uitgangsschakel CC<sub>0</sub>. (Zie *figuur 10*). Voor de hoeksnelheidsverhouding heeft men de voor ieder tijdstip geldende betrekking

$$i^{II} = \frac{\omega_{50}^{II}}{\omega_{20}} = \frac{Q^{II}A}{Q^{II}C_0} = \frac{q^{II}}{q^{II} + d^{II}} \text{ met } d^{II} = AC_0 \quad (6)$$

(Zie *figuur 10*).

Naar de tijd gedifferentieerd geeft deze betrekking de relatie

$$\frac{\omega_{20} \cdot \omega_{50}^{II} - \omega_{50}^{II} \cdot \omega_{20}}{\omega_{20}^2} = \frac{q^{II}d^{II}}{(q^{II} + d^{II})^2} = \frac{v_0^{II} d^{II}}{(q^{II} + d^{II})^2} \quad (7)$$

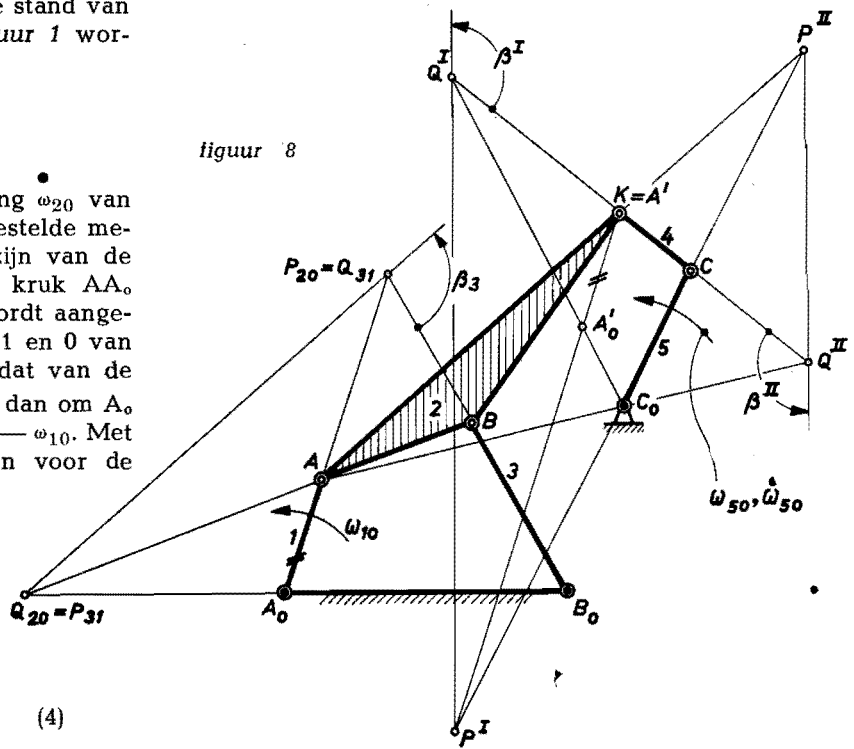
waarin  $v_0^{II}$  de snelheid voorstelt, waarmee het snijpunt van de koppelstang met het gestel van deze stangenvierzijde beweegt.

In een tweede artikel (2) is aangetoond, dat deze snelheid in de hier gebruikte notatie gelijk is aan  $v_0^{II} = q^{II} \omega_{20} \cot \beta^{II}$  (8)

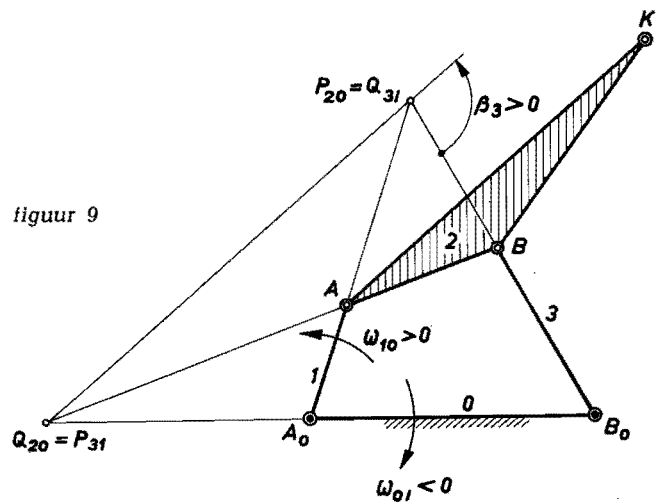
Substitutie van de uitdrukking voor  $v_0^{II}$  in (7) geeft met gebruikmaking van (6) de relatie

$$\frac{\omega_{50}^{II}}{\omega_{20}^2} = i^{II} (1-i^{II}) \cot \beta^{II} + i^{II} \cdot \frac{\omega_{20}}{\omega_{20}^2} \quad (9)$$

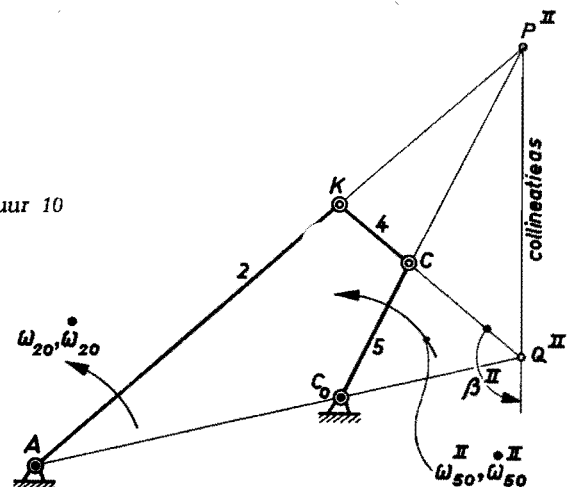
figuur 8



figuur 9



figuur 10



## 6. Het samengestelde mechanisme van figuur 8

De hoekversnelling  $\dot{\omega}_{50}$  van de uitgangsschakel  $CC_0$  van dit samengestelde mechanisme is nu blijkens het voorgaande te berekenen met behulp van de betrekking

$$\begin{aligned} \frac{\dot{\omega}_{50}}{\omega_{10}^2} &= \frac{\dot{\omega}_{50}^I + \dot{\omega}_{50}^{II}}{\omega_{10}^2} = \frac{\dot{\omega}_{50}^I}{\omega_{10}^2} + \frac{\dot{\omega}_{50}^{II}}{\omega_{20}^2} \cdot \frac{\omega_{20}^2}{\omega_{10}^2} = \\ &= i^I (1-i^I) \cot \beta^I + \left\{ i^{II} (1-i^{II}) \cot \beta^{II} + i^{II} \frac{\omega_{20}}{\omega_{20}^2} \right\} \frac{\omega_{20}^2}{\omega_{10}^2} = \\ \frac{\dot{\omega}_{50}}{\omega_{10}^2} &= i^I (1-i^I) \cot \beta^I + (1-i_{20})^2 i^{II} (1-i^{II}) \cot \beta^{II} + \\ &+ i^{II} i_{20} (1-i_{20}) \cot \beta_3 \end{aligned} \quad (10)$$

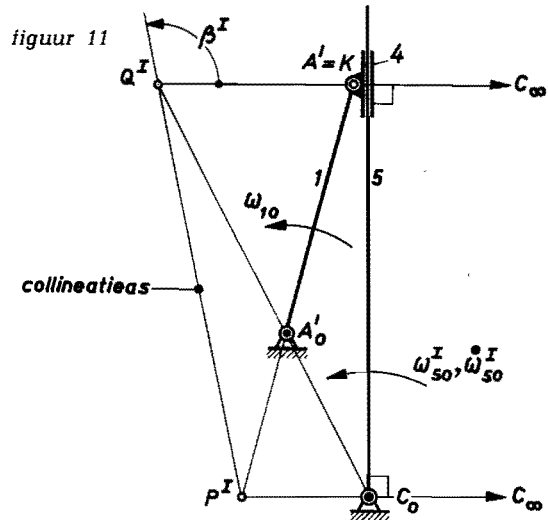
Hierin worden  $i^I$ ,  $i_{20}$  en  $i^{II}$  vastgelegd door de betrekkingen (2), (4) resp. (6). Voor elke positie van het samengestelde mechanisme kunnen deze waarden, alsmede de hoeken  $\beta^I$ ,  $\beta_3$  en  $\beta^{II}$  onmiddellijk worden vastgesteld, zoals figuur 8 duidelijk laat uitkomen. Substitutie van de gevonden waarden in relatie (10) geeft dan een getalwaarde voor het linkerlid voor een bepaalde positie van het samengestelde mechanisme. Herhaling voor meerdere standen geeft dan het gehele hoekversnellingsver-

loop van de uitgangsschakel te zien als functie van de hoekverdraaiing  $\varphi_{10}$  van de ingangsschakel. Dit

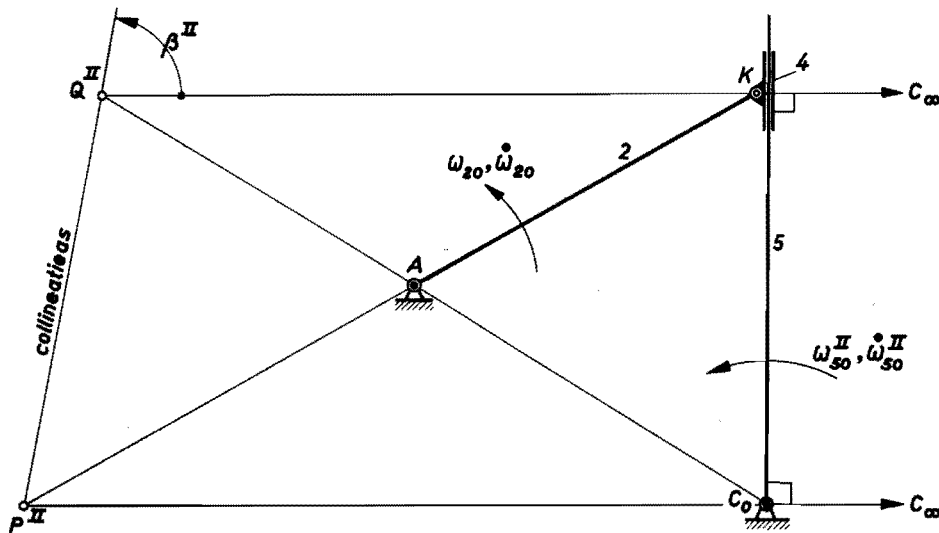
is dus de grafische voorstelling van  $\frac{d^2\varphi_{50}}{d\varphi_{10}^2} = \frac{\dot{\omega}_{50}}{\omega_{10}^2}$  als functie van  $\varphi_{10}$ .

## 7. Het maltezerkruis, aangedreven door een stangenvierzijde

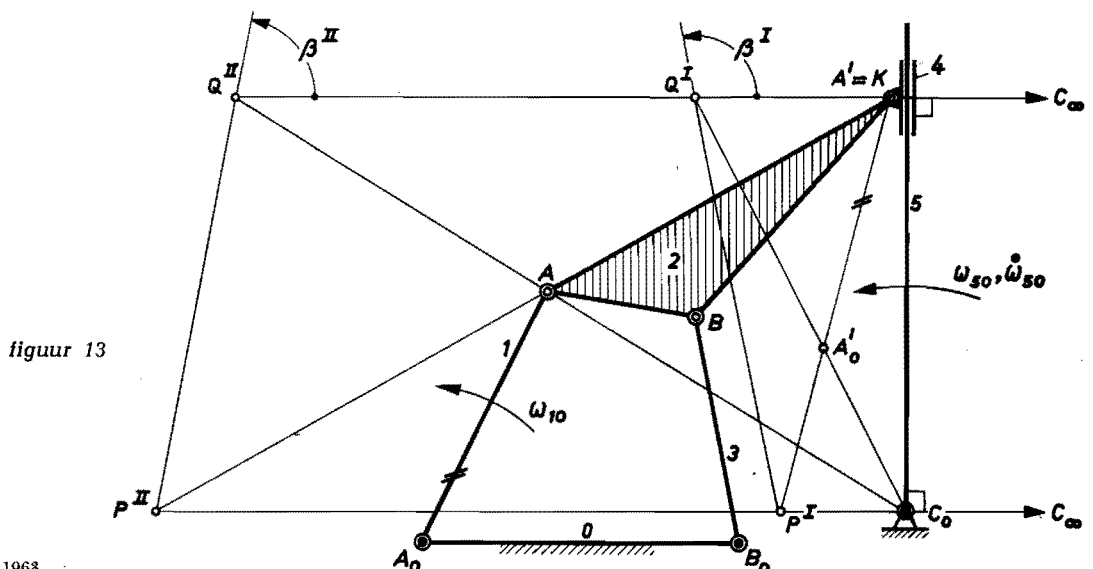
Met de aangegeven notaties in de figuren 11 en 12, ten overvloede nog in figuur 13 samengebracht, is



figuur 11



figuur 12

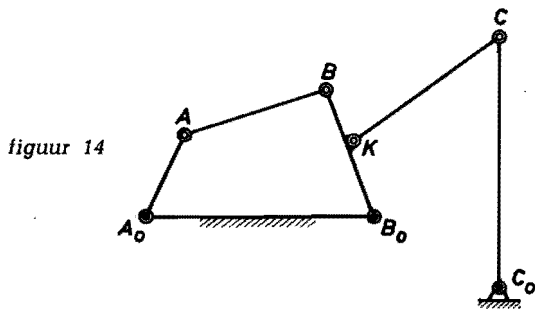


figuur 13

betrekking (10) voor het door een koppelpunt van een stangenvierzijde, aangedreven maltezer-kruis van toepassing.

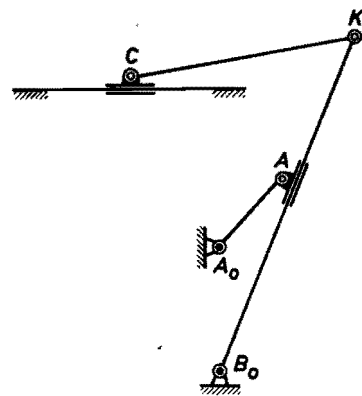
Deze methode van oplossen heeft het voordeel een hoge graad van nauwkeurigheid te bezitten, terwijl toch iedere technicus dit zonder enige moeite kan uitvoeren. Het aardige van deze oplossingsmethode is wellicht, dat de tekenplank hierbij onontbeerlijk blijft.

Ongetwijfeld is deze wijze van aanpak op meer samengestelde mechanismen van toepassing. De schrijver heeft zich echter bewust beperkt tot de toepassing op een in de praktijk voorkomend mechanisme.



figuur 14

Voor onmiddellijk achter elkaar geschakelde stangenvierzijden (Zie figuur 14), waarvan de sterke armschaafbank een speciaal voorbeeld is, (Zie figuur 15), is de oplossing eenvoudiger, omdat het koppel-



figuur 15

punt in dit geval niet meer een punt is van het koppelvlak, maar een punt van de secundaire slingerstang.

#### Literatuur:

1. E. A. Dijkstra, „Bepaling van de hoeksnelheid en de hoekversnelling van de secundaire stang c bij regelmatige aandrijving van de kruk a van een stangenvierzijde (abcd)”, „de Constructeur” II (1963) c 5.
2. E. A. Dijkstra, „De posities van de stangenvierzijde en van het krukstangmechanisme bij extreme (hoek-)versnellingen van de uitgangsschakel”, „de Constructeur” II (1963) c 9, blz. 178 — betrekking (7) —.



J. E. STORK

VENTILATOREN  
VOOR UW BEDRIJF

DEN HAAG

JUNOSTRAAT 35  
TEL. 070-85 69 06\*



FRIDEN HOLLAND N.V.  
NIJMEGEN

zoekt ten behoeve van haar  
**ONTWIKKELINGSAFDELING**  
een

FIJNMECHANISCH KONSTRUKTEUR

Kandidaten moeten in staat zijn geheel zelfstandig bij te dragen tot het ontwerp en de ontwikkeling van ponsbandapparatuur en andere kantoormachines.

Een opleiding op H.T.S.-niveau en een ruime ervaring in de ontwikkeling van fijnmechanische apparatuur zijn vereist om deze functie te kunnen vervullen.

Gegadigden gelieven brieven met bijvoeging van recente pasfoto in te zenden aan de Personeelsdienst van FRIDEN HOLLAND N.V. - Postbus 21 - Nijmegen.

Friden®

JEVEKA

SCHRIJVEN - ZIJTEN - WEGEN - VERBODEN - TECHNISCHE METAALPRODUCTEN N.V. - AMSTERDAM - O - DRANIE VRIJSTAATKADE 3 - TEL. 59055 (5 lijnen) - TELEX 12420 - DEPOTS - ROVERDORP - MEIJEREN - WEG 2 - TEL. 010 - 461440 - BOKHOVEN