

# PMG konstruktions manual

Hugh Piggott - Scoraig Wind Electric - Februar 2001

kommentarer er velkomne på [hugh@scoraigwind.co.uk](mailto:hugh@scoraigwind.co.uk)

Indhold	Side
1. Introduktion	2
2. Liste over materialer og værktøj	6
3. Skabeloner og Forme	8
4. Stator konstruktion	23
5. Rotor konstruktion	29
6. Montering	34
7. Test og forbindelser	39
8. Yderligere information	47

Denne manual er udfærdiget af  
Dr Smail Khennas  
Senior Energy Specialist  
Intermediate Technology  
The Schumacher Centre  
for Technology and Development  
Bourton Hall  
Bourton on Dunsmore  
Warwickshire  
Tel +44-1788-661 100  
Fax: +44 -1788 44-(0)1788-661 101  
Email: [smaik@itdg.org.uk](mailto:smaik@itdg.org.uk)  
Url:<http://homepages.enterprise.net/hugh0piggott/>  
Url:<http://www.itdg.org.pe>  
Company Reg No 871954, England  
Charity No 247257

with funding from the UK government DFID



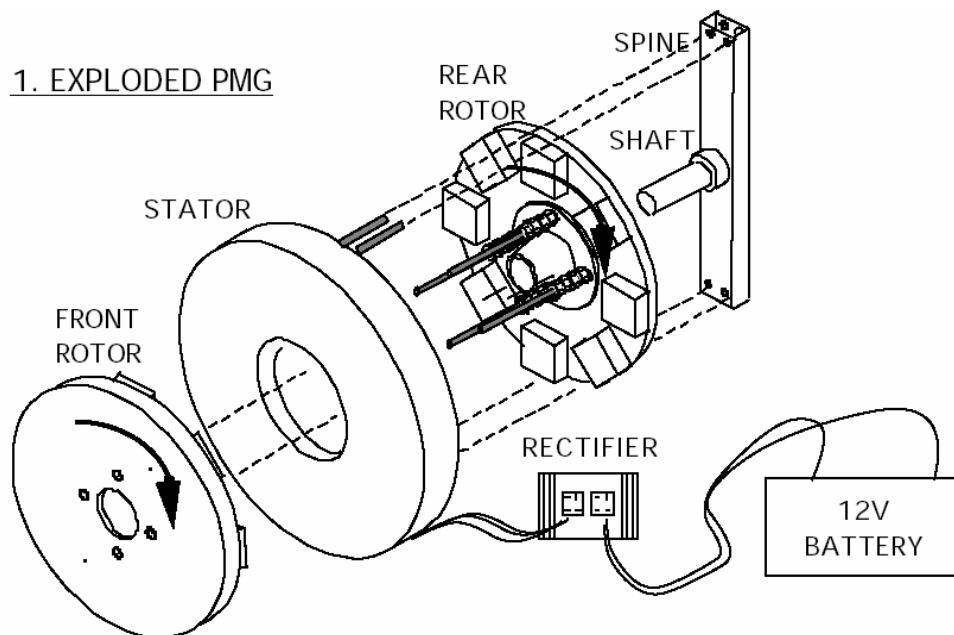
Montering på stedet i Peru

Oversat fra engelsk til dansk af Erik Greve E-mail: [egreve@post10.tele.dk](mailto:egreve@post10.tele.dk), 2002.  
Redigeret af Monie Jacobsen (Sunwind) E-mail: [energy@sunwind.dk](mailto:energy@sunwind.dk)  
Og David M. Thomas Dip. Tech / kemi.

## 1. Introduktion

Denne manual beskriver hvordan man bygger en "permanent magnet generator" (PMG). Vi kan også kalde den en "vekstrømsgenerator" fordi den producerer vekselstrøm (AC). Den producerer ikke 220 volt AC. Den producerer lavspænding, tre-faset AC og konverterer den til jævnspænding (DC) for at kunne oplade et 12v batteri.

Hvad er en PMG lavet af:



PMG'en (Se diagram 1) består af:

- Et stål stativ og aksel
- En stator indeholdende spoler
- To magnet rotorer
- En ensretter

Statoren indeholder seks spoler af kobbertråd, indstøbt i glasfiber. Denne statorform er monteret på akslen; den bevæger sig ikke. Ledninger fra spolerne fører elektriciteten til ensretteren, der ændrer AC til DC for at oplade batteriet. Ensretteren er monteret på en køleplade af aluminium.

Magnet rotorerne er monteret på lejer, der drejer på akslen. Den bagerste rotor er bagved statoren og anbragt inde i den. Den forreste rotor er udenpå og fæstnet til den bagerste med lange bolte gennem et hul i statoren. Vindmøllens vinger monteres på de samme bolte. De vil dreje magnet rotorerne og føre magneterne forbi spolerne. Dette vil producere elektrisk energi.

## **Bygning af PMG'en:**

Denne manual beskriver hvordan man bygger en PMG. Læs den igennem før du starter.

Sektion 2 er en liste over materialer og værktøj til arbejdet.

Sektion 3 forklarer hvordan man bygger de specielle værktøjer (kaldet skabeloner) og de nødvendige forme. Du kan bygge mere end én PMG med dem. Der er mange forskellige måder at lave disse skabeloner og forme, men der er kun plads i denne manual til at beskrive det på én måde.

Sektion 4 er om statoren. Den beskriver hvordan man laver spoler af lakeret kobbertråd og støbe dem i glasfiber, ved at bruge skabeloner og formene.

Sektion 5 viser hvordan man bygger magnet rotorerne, ved hjælp af magnetblokke og stålplader, i en anden glasfiberstøbning.

Sektion 6 viser hvordan man samler delene til en hel PMG. Den forklarer hvordan man bygger de mekaniske dele, hvordan man afbalancerer rotorerne og hvad der er behov for, for at forbinde ledningerne fra statoren.

Sektion 7 er om aftestning af PMG'en. Det indeholder metoder for at tjekke at den er rigtigt afbalanceret og klar til at bruge. Det forklarer også hvordan man forbinder PMG'en til et batteri.

Sektion 8 indeholder yderligere information om brug af polyester glasfiber og om at bruge PMG'en med vandkraft.

### **Hvad kan en PMG lave**

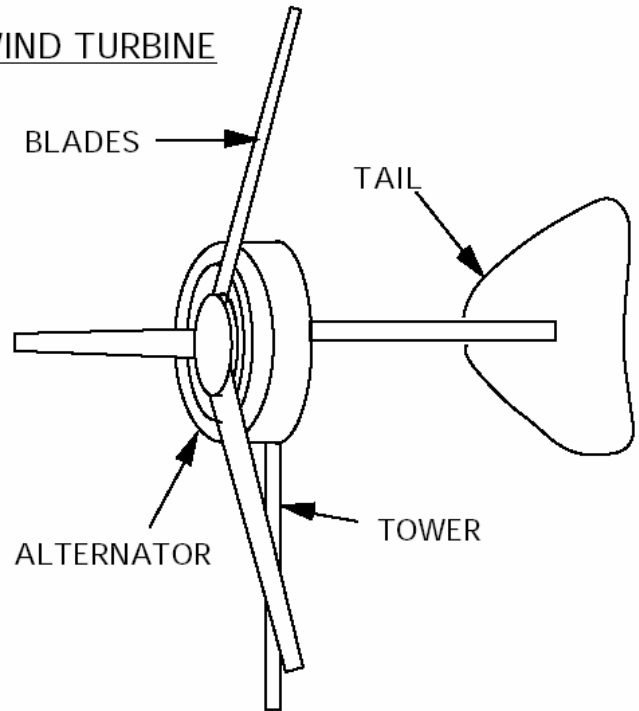
Denne PMG er beregnet til små vind generatorer(se diagram 2). For at bygge en komplet vind generatorer skal du også bruge:

- et tårn: f.eks et stål rør, støttet af barduner
- et drejeligt hoved: roterende på tårnets top
- en hale: for at holde retningen til vinden
- et sæt vingeblade

Stativet af PMG'en boltes til det drejelige hoved. Vingebladene monteres på fronten af PMG'en. Hovedet og halen skal konstrueres således at de drejer generatoren væk fra kraftig vind, for at beskytte sig selv. ( Denne manual beskriver ikke disse vingeblade, tårnet eller det drejelige hoved.)



## 2. WIND TURBINE



PMG'en arbejder ved lav hastighed. Grafen viser energien fra PMG'en, når den oplader et 12v batteri. Ved 420 omdr/min laver den 180 watt, hvilket svarer til 15 ampere ved 12 volt.

Ved højere hastighed kan PMG'en lave mere energi. Men de høje strømme får spolerne til at blive varme, så effektiviteten forringes når strømmen stiger. For højere hastigheder er det bedre at lave spolerne med tykkere tråd eller ændre måden hvormed de er forbundet.

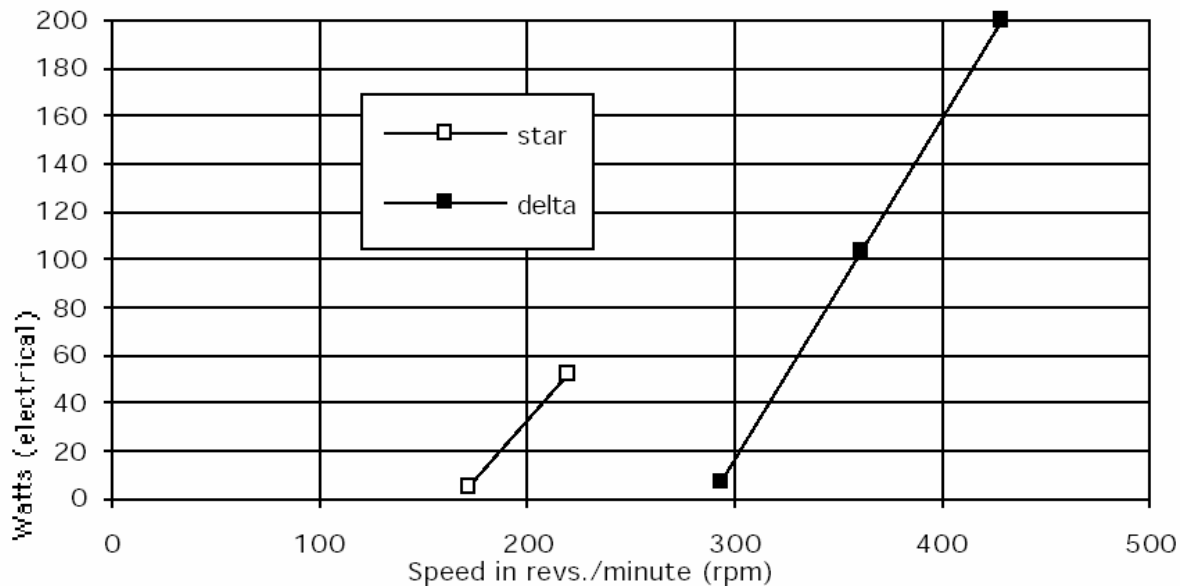
Hvis der anvendes tykkere tråd betyder det dog også at PMG'en ikke kan anvendes ved lav hastighed.

For at anvende PMG'en ved både høj og lav hastighed, er det muligt at ændre forbindelserne. Der er to måder at forbinde statoren med ensretteren. Enten i "Stjerne-form" eller i "Delta-form". Se Sektion 7 for detaljeret forklaring til disse to former.

Se diagram 3 med grafen for energi i forhold til hastighed. "Stjerne" (star) begynder at virke ved lav hastighed (170 omdr./min). "Delta" giver mere energi, men kun ved højere hastighed.

En større udgave af denne PMG ville være i stand til at give mere energi ved lavere hastighed.

### 3. Kurve over effekt i forhold til hastighed



#### Advarsel

Vær omhyggelig når du bygger og samler PMG'en så magneterne ikke går løs. Dette kan ske under ekstreme omstændigheder. Løse magneter der gnider på statoren kan ødelægge PMG'en.

- Følg alle instruktioner for at indstøbe magnet rotorerne – lim ikke blot magneterne på stålpladen.
- Slå ikke magnet rotorerne med en hammer
- Der skal være mindst 1mm afstand mellem magnet rotorerne og statoren, på begge sider. (Ved højere belastning eller høj hastighed, brug større afstand)
- Sørg for at PMG'en ikke overstiger 800 omdr/min.
- Når PMG'en anvendes på en vind turbine, monter da PMG'ens stativ lodret opretstående og ikke horisontalt skævt.

## 2. Liste over materialer og værktøj

Materialer til PMG'en	Antal pr. PMG	Størrelse	Total vægt i gram
<b>GLASFIBER MATERIALER</b>			
Polyester harpiks (blandet med accelerator)			2700
Katalyst (peroxid)			50
Talkum pulver			1200
Glasfiber måtte (1oz/sqfoot)		1 m <sup>2</sup>	300
Farvepigment harpiks (hvis ønsket)			50
<b>RUSTFRIT STÅL</b>			
Rustfri stål wire		2mm x 10m	200
<b>MAGNETER</b>			
3'de grads ferrit magnet blokke (formagnetiseret)	16	20 x 50 x 50mm	4000
<b>ELEKTRISK</b>			
Lakeret kobbertråd		14AWG eller 1,7mm (eller 17AWG – se s.44)	3000
Fleksibel ledning (ca. størrelse 14AWG)		Samme størrelse x 6m	
Loddetin og muffe til samlinger			
½ tomme tape			
Bro ensretter	2	25A 200V et-faset	
Køleplade til ensretter			
<b>METAL</b>			
Firkant rør til stativet	1	380 x 50 x 25 x 4 mm	1100
Magnet monteringsplader	2	6mm x 305mm (yder diameter)	6000
10mm gevind bolt		1000mm	500
10mm møtrik	32		300
10mm skiver	16		
8mm gevind bolt		400mm	125
8mm møtrik	8		50
5mm møtrik og bolt til ensrettere	2	5mm x 20mm	
Stang		25mm x 150mm	500
<b>MEKANIK</b>			
Kugleleje nav passende til stang – Se afsnit 6	1		1250



Stativ, skaft, nav og magnet rotor

### Materialer til forme og skabeloner

Spånplader (andet kan også bruges) og træ lim.

Sandpapir og polér voks (evt. lak.) PVA slipmiddel

Malerpensler og fortynder til at rense dem.

13mm krydsfinér til skabeloner og forme og statorens center.

Stål stang eller rør, til spole vikle maskinen.

Små stykker af metalplade eller tyk metalfilm

Bolte (med møtrikker og skiver)	Diameter	Længde	Til
2 med butterfly møtrikker	6mm	60mm	Spolevikler
4	10mm	25mm	Balancering af skabelon
1	12mm	150mm	Stator form

### Værktøj

Sikkerhedsbriller, ansigtsmaske, handsker osv. efter behov.

Arbejdsbord med skruestik.

Svejsesapparat

Vinkelskærer

Nedstryger, hammer, dorn, mejsel

Passer, målebånd, vinkelmåler

Topnøgler: 8, 10, 13, 17 og 19mm : 2 af hver.

Gevindskærer og M10 tap til de ydre huller i magnet rotoren.

Ståltråd til at måle højden af magneterne.

Borestation

Bor – 6,8,10 og 12 mm

Hulsav, 25mm, 65mm

Trædrejbænk

Fræsejern

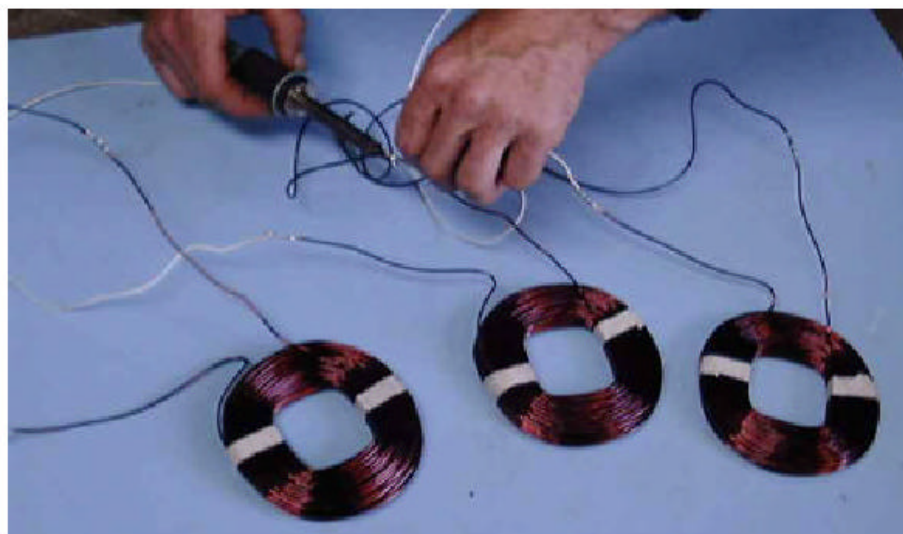
Sav

Målebeholder til at veje harpiks. Dispenser til katalysatoren, plastik spande, sakse.

Loddejern, loddetin, bidetang, skarp kniv.

### 3. Forme og skabeloner

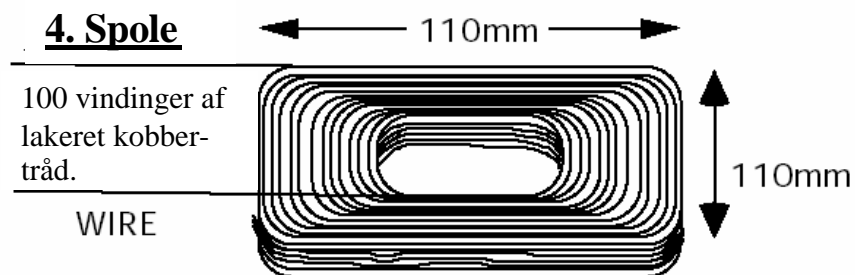
Denne sektion beskriver, hvordan man laver formene og skabelonerne til at bygge PMG'en. Når først de er fremstillet, kan de bruges igen og igen.



Nogle spoler til statoren

### Spole vindemaskinen

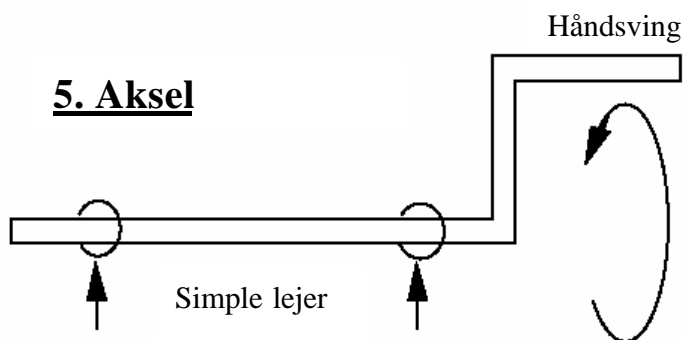
PMG'ens stator indeholder seks kobberspoler – (se diagram 4).



Spolerne laves på en form af krydsfinér.

Formen monteres i enden af en aksel mellem 2 endestykker.

Lav en aksel, der kan drejes med et håndtag (se diagram 5)

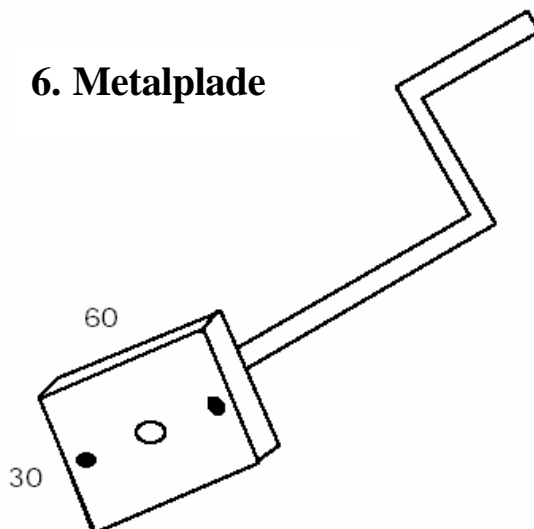




Lav en lille flad metalplade 60x30x6mm (anbefalet størrelse) og monter den fast eller lod den fast i enden af akselen som vist på diagram 6.

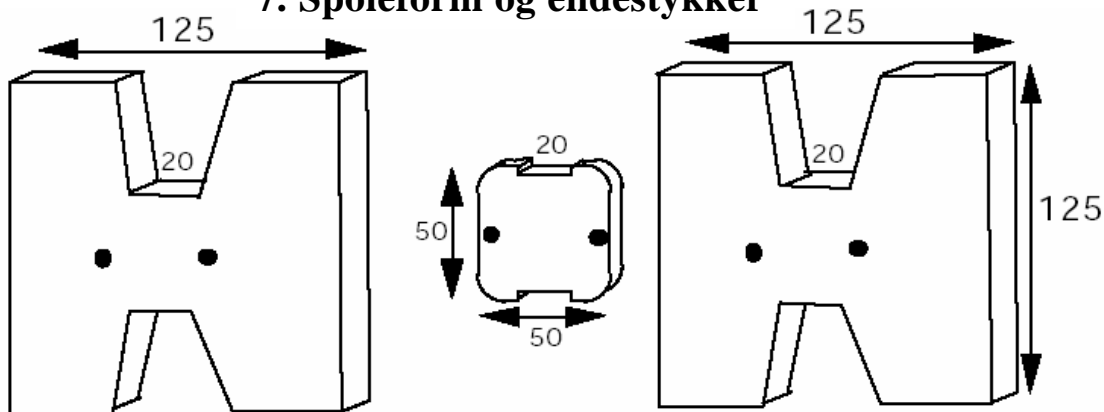
Bor to huller, 6mm i diameter og 40mm fra hinanden, centreret om akselen.

## 6. Metalplade



Sav 3 stykker krydsfinér som vist i diagram 7.

## 7. Spoleform og endestykker



Spoleformen er 50mm x 50mm x 13mm. Den har afrundede hjørner. De 2 endestykker er 125mmx125mm. Der er 20mm brede udskæringer i top og bund af hver. Disse udskæringer bruges til at anbringe tape under spolen, så den kan tapes ind før den tages af formen.

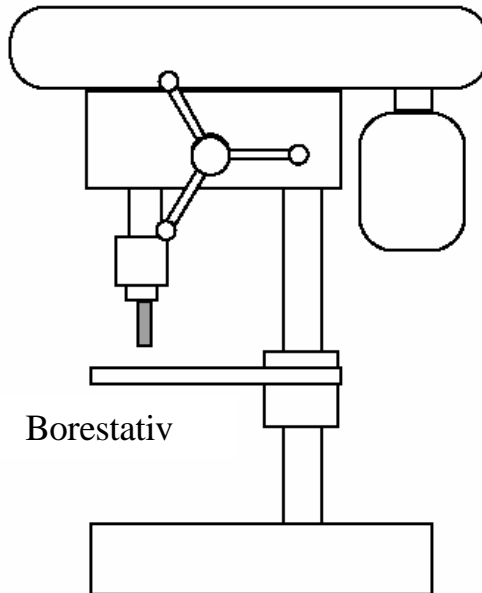
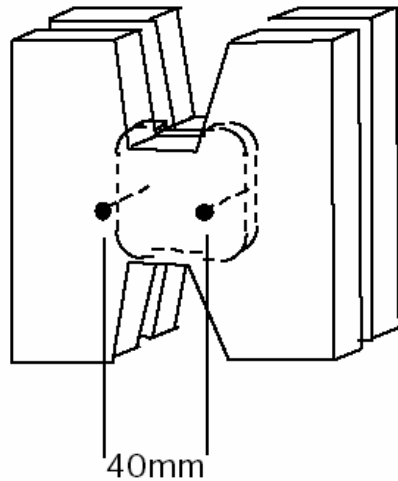
De tre stykker samles som vist på diagram 8 og hullerne til monteringsboltene bores.

Hullerne er 6mm med 40mm afstand.

Brug et borestativ for at bore hullerne helt vinkelret på krydsfinéren.

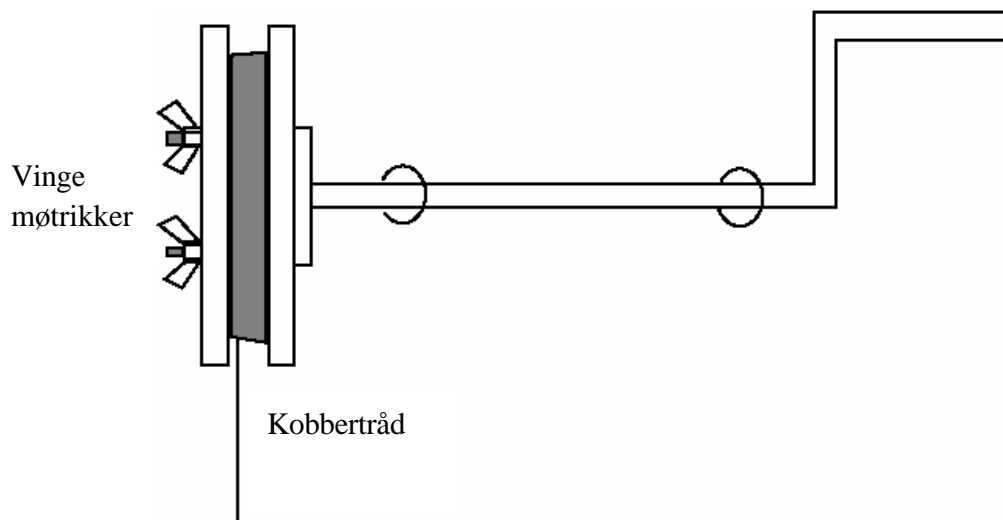
## **8. Boring af 2 huller**

De 3 stykker samles således:



Sæt to bolte igennem hullerne på den flade metalplade og bolt den på endestykkerne med spoleformen imellem. Brug vingemøtrikker hvis muligt. (Diagram 9)

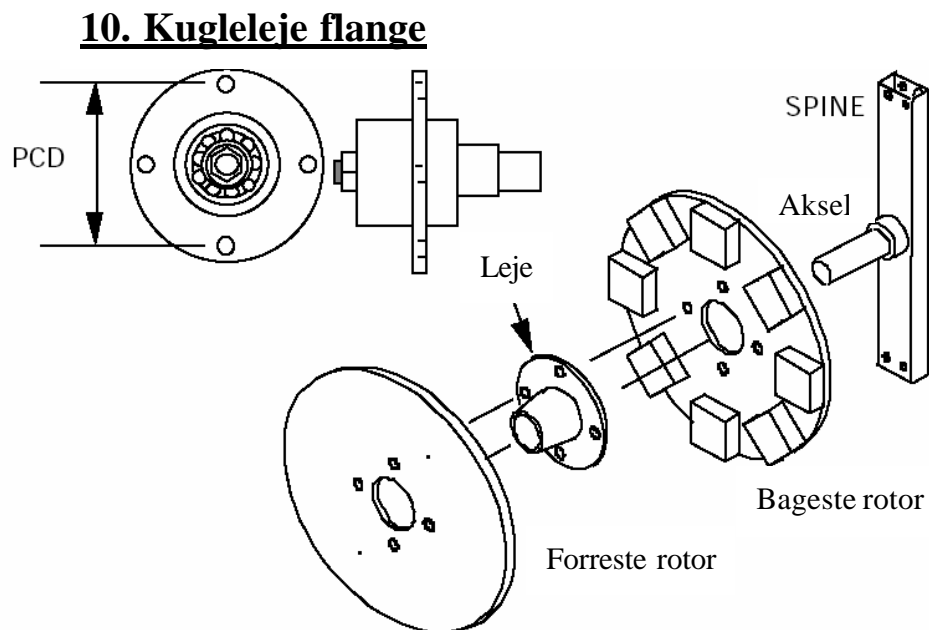
## **9. Samling af spoleform og endestykker**



## Skabeloner for rotoren

PCD bore skabelon:

Magnet rotoren er monteret på et kugleleje (se diagram 10). Lejet har en flange med huller. For eksempel kan der være 4 huller på en 102mm (4 tommer) "Pitch Circle Diameter" PCD. Du kan også bruge andre flangediametre. Det kommer an på lejet. Her bruger vi 102mm.



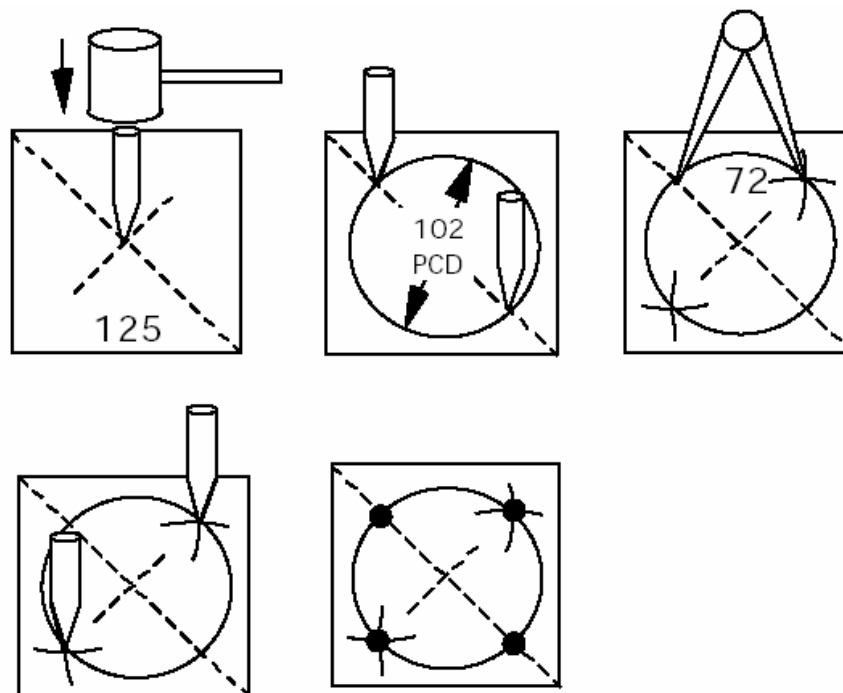
PCD skabelonen bruges til at bore huller i rotoren osv.

Den bruges også til at afbalancere rotoren.

Hullerne skal opmærkes og bores meget præcist. (se diagram 11)

- Lav et metalstykke på 125mm x 125mm.
- Tegn diagonale linier mellem hjørnerne og markér centrum med en kørner.
- Tegn en cirkel med radius 51mm med en passer.
- Diameteren er flangehullernes PCD.
- Laver en kørnerprik hvor linierne krydser cirklen.
- Indstil din passer på 72mm og kontroller at der er nøjagtig 72 mm mellem alle 4 prikker.
- Bor de 4 huller, først med et lille bor, herefter med et større bor.

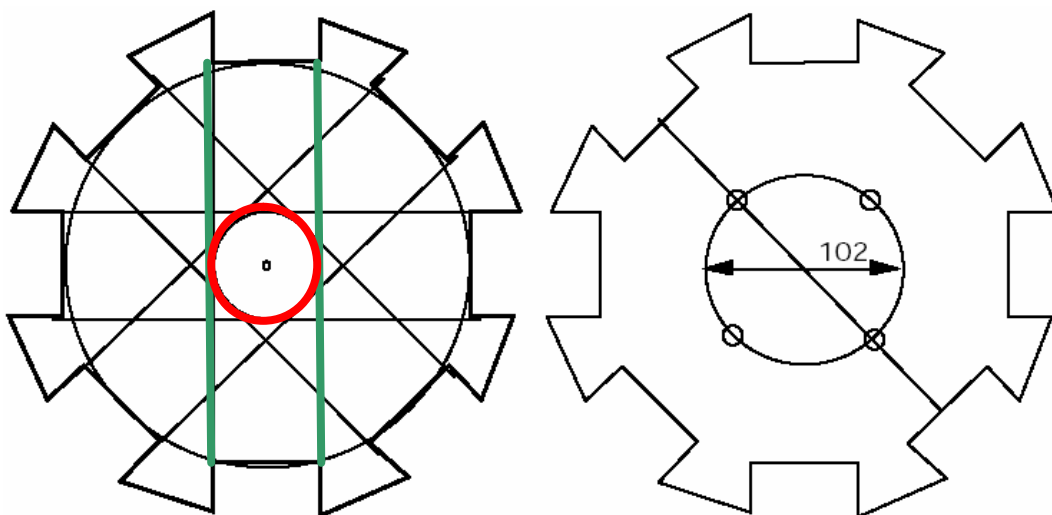
## 11. Opmærkning og boring af PCD skabelonen.



### Skabelon for placering af magneter (se diagram 12)

Denne skabelon er beregnet til at kunne placere magneterne korrekt på metalskiven. Der skal kun bruges en skabelon. Lav skabelonen af et stykke krydsfinerplade på 250mm x 250mm eller en aluminium plade. Der må ikke bruges jern.

## 12. Skabelon for placering af magneter



- Marker centret af pladen.
- Tegn 3 cirkler, med diametrene **50mm**, 102mm og 200mm fra centrum af pladen.

- Tegn et sæt **parallelle linier** som tangent til 50mm cirklen som vist på diagrammet.
- Tegn 3 par rette linier mere, vinklet 45 og 90 grader på det første par.
- Ved hjælp af disse linier markeres placeringen af magneterne og skabelonen skæres ud efter liniernes, som vist på diagrammet.
- Tegn en linie mellem to modsatte magnetcentre.
- Placér PCD skabelonen på 102mm cirklen og centrér den og bor de 4 huller på metalpladen gennem krydsfineren.

### Fremstilling af formene

Fremstilling af forme til stator og rotorstøbning.. De kan drejes ud af træ eller aluminium. Formene skal være stærke og glatte. Det er ikke let at skille statorstøbningen fra formen.

Der behøves sikkert nogle slag med en hammer.

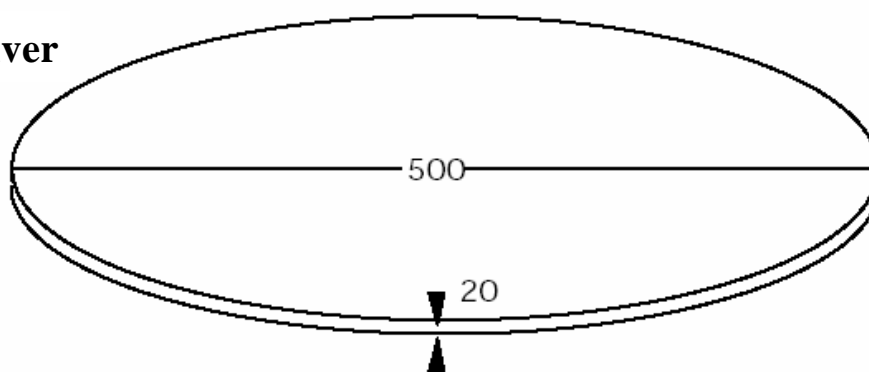
Det er en god ide at lave en spole (se sektion 4) før statorformen fremstilles, da spolen skal kunne passe perfekt i statorformen.

Her er en metode til at lave formen. Der anvendes spånplade og en drejebænk.

#### Stator yderform

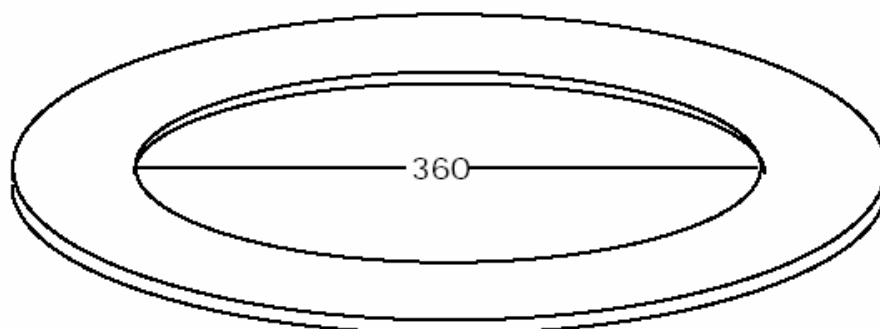
- Skær adskillige skiver ud fra spånpladen (se diagram 13), cirka 500mm i diameter.

### 13. Skiver



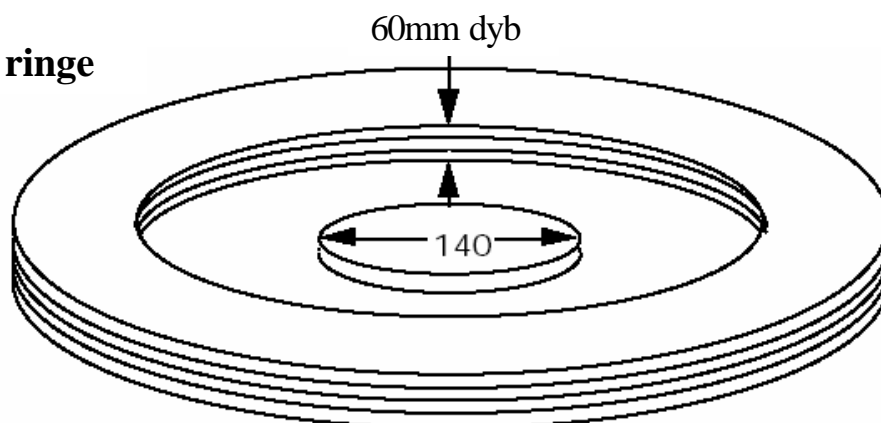
- Alle skiverne undtagen en skal der udskæres et hul på 360mm i diameter. Disse ringe bruges til at fremstille formen. (se diagram 14)

## 14. Ringe



- Tegn en cirkel på 360mm i diameter på den tilbageblevne skive.
- Bor et hul på 12mm i centrum af skiven for at hjælpe med centrering.
- Lim ringene sammen ovenpå den tilbageblevne skive, så der bliver dannet et hul på 60mm (diagram 15). Brug masser af lim på indersiden af ringene.
- Lav en lille skive af 15mm krydsfiner, 140mm i diameter og bor et 12mm hul i dens midte.
- Placer en 12mm bolt gennem begge huller og lim den lille skive fast i midten af hullet. Brug masser af lim på siden af skiven.

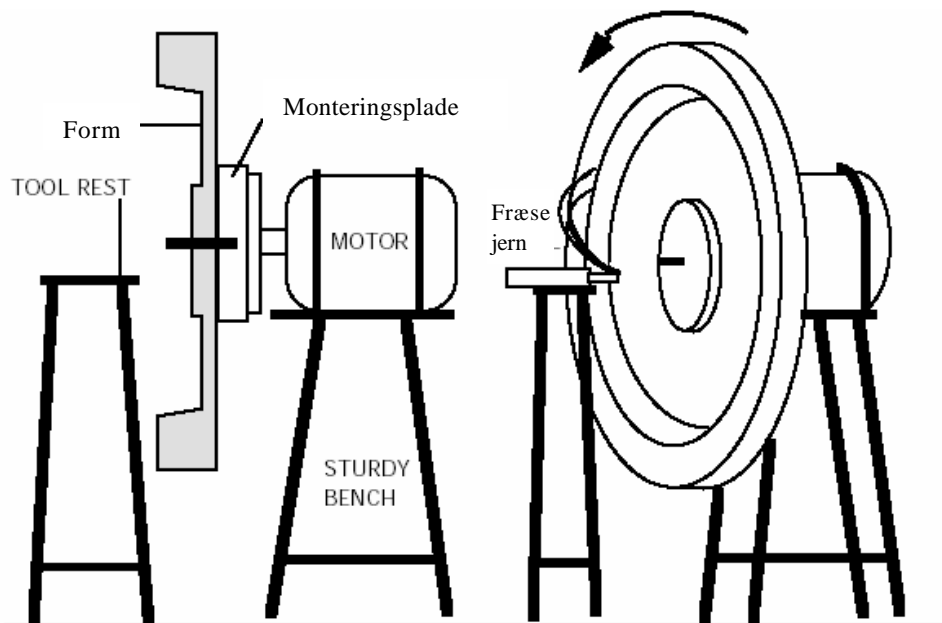
## 15. Lag af ringe



- Fastgør et andet stykke træ på en motor eller lignende. Dette bliver nu påspændings pladen. (Se diagram 16)
- Drej påspændingspladen og tegn en lille cirkel i midten af pladen.
- Bor et 12mm hul præcis i midten af cirklen. Hold boret parallelt til akselen.
- Skru statorformen (de sammenlimede ringe) på påspændingspladen og centrér formen ved hjælp af en 12mm bolt. Skru 4 træskruer igennem formen til påspændingspladen.
- Tjek at formen drejer rundt uden slør. Dette kan undersøges ved at holde en blyant tæt til fronten af formen og så dreje den rundt. Hvis blyanten rammer formen et sted, løsnes skruerne

og der lægges nogle stykker papir under formen, modsat blyantstregen. Skru skruerne fast igen og tjek på ny.

## 16. Afdrejning af formen



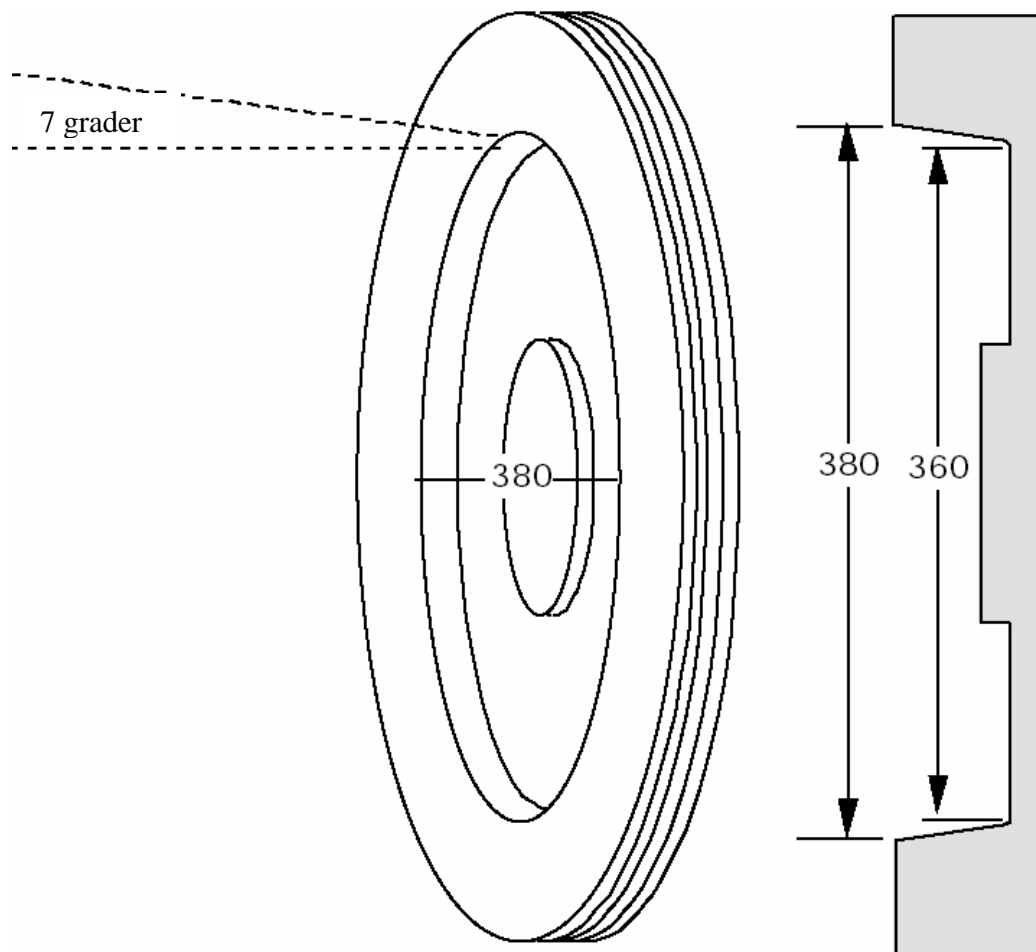
Nu er det muligt at bearbejde formen med et fræsejern. Husk at bære en mundbeskyttelse for undgå at indånde støvet. Pas på løsthængende tøj, som kan blive fanget i drejbænken.



Rotation af en statorform ved hjælp af en elektrisk motor

- Fræs en glat overflade på indersiden af formen (diagram 17)
- Den indre kant af formen skal hælde 7 grader.
- Diameteren af den øverste del af indersiden er 380mm.
- Diameteren af den nederste del af indersiden er 360mm.
- Kanterne skal afrundes.

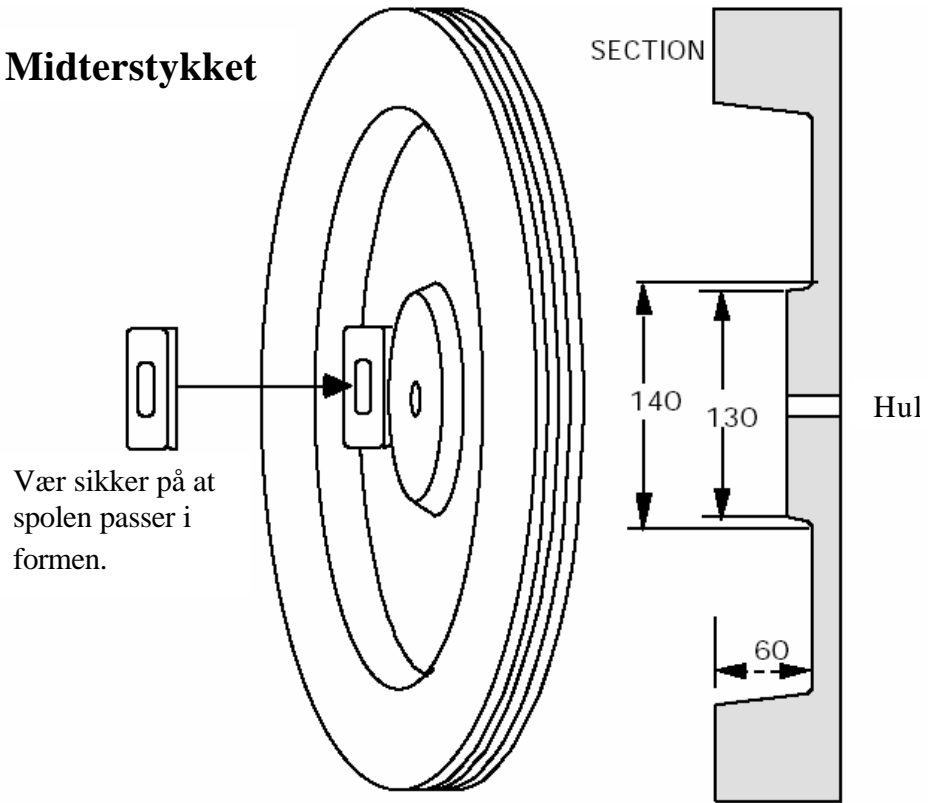
### 17. Udformningen af Stator-formen.



- Fræs midterstykket ned til 130mm (Se diagram 18). Kanterne afrundes som før.

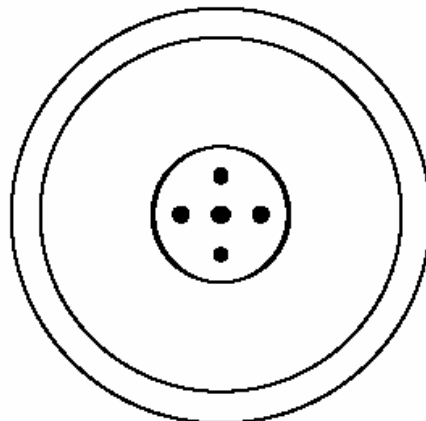


## 18. Midterstykket



- Placér en spole i formen for at være sikker på at den passer i størrelsen - hvis ikke, så fræs lidt mere af kant eller midterstykke. Spolens centrum skal være 250mm fra formens centrum.
- Fjern formen fra ophænget.

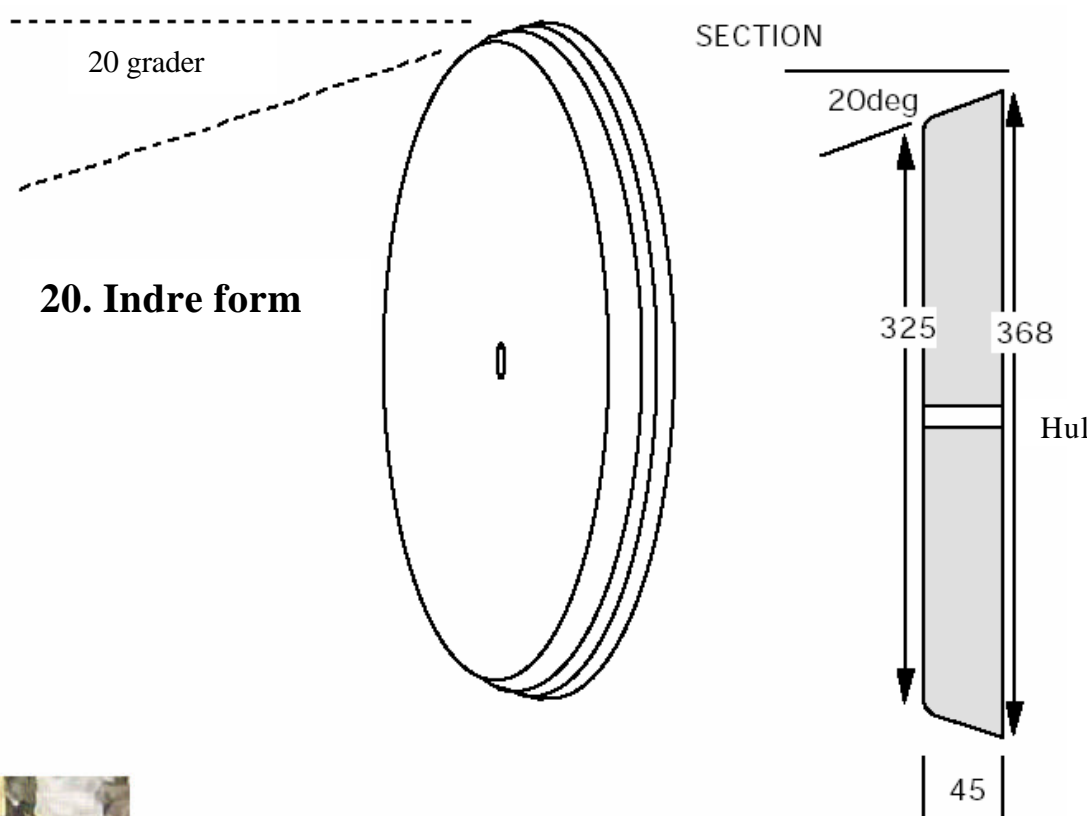
## 19. Huller i formen



- Bor 4 huller i den centrale del, som skal bruges til adskille de 2 forme (Diagram 19). Skru nogle små stykker krydsfiner på undersiden af formen som "fødder".

Statorens indre form.

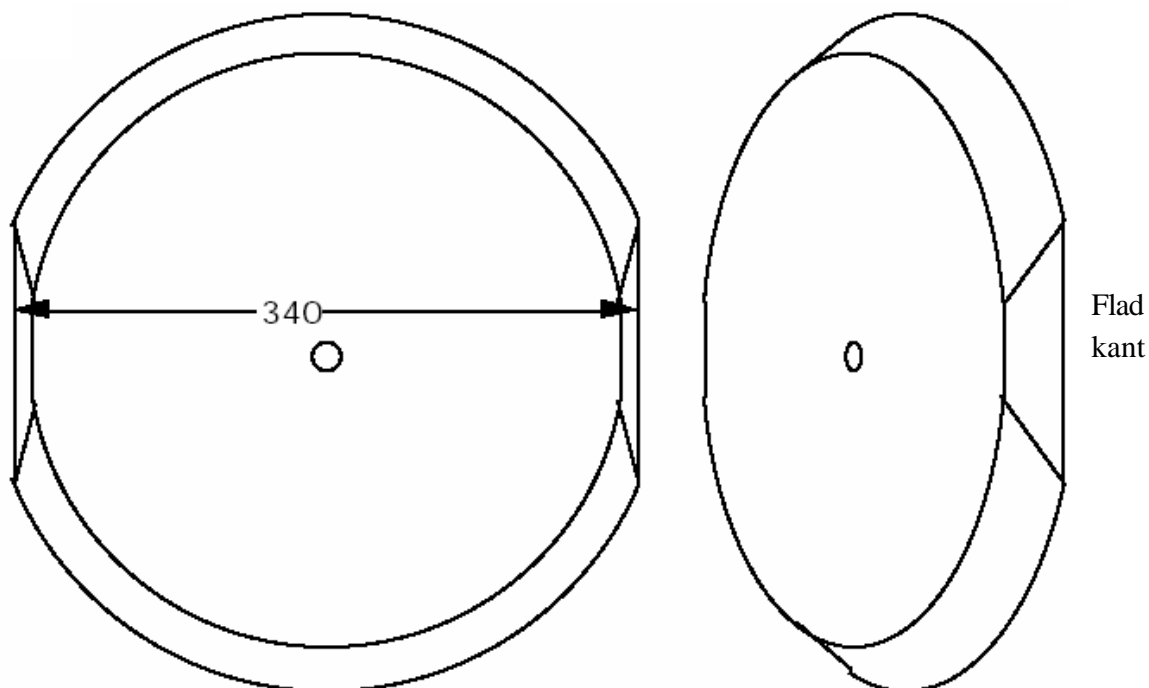
- Skær nogle skiver med 370mm i diameter



Udformning af de flade kanter på den indre form.

- Bor et 12mm hul i midten af alle skiverne.
- Lim dem oven på hinanden (diagram 20), brug en 12mm bolt til at centrere dem.
- Laget af skiverne skal være mindst 45mm, helst 50mm tyk.
- Fræs kanten i en vinkel på 20 grader og afrund kanten, så diameteren formindskes fra 368mm til 325mm.
- Tjek at den ydre form passer over den indre form, med 6mm afstand kanten rundt. Fjern den indre form fra ophænget.
- Tegn 2 linier på den bredeste side af formen, med 340mm afstand (diagram 21).
- Sav to rette kanter, som vist på diagram 21.

## 21. Skæring af kanter på den indre form



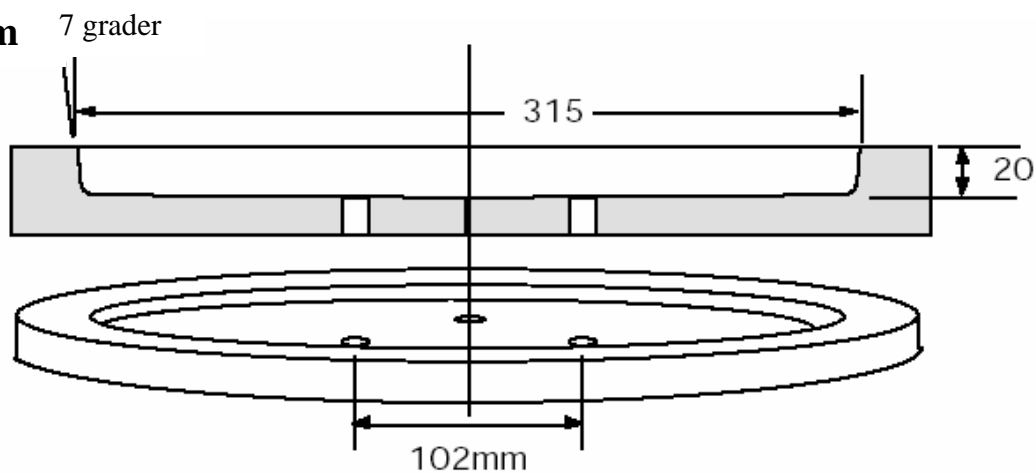
Disse to kanter vil skabe en tykkere støbning rundt om monteringsboltene.

### Magnet rotor formene

PMG'en skal bruge to magnet rotorere. Kun en form er nødvendig, men det er nemmere hvis der er to forme, så kan begge rotorere fremstilles samtidigt.

Den ydre form (diagram 22) ligner statorens ydre form, men er mere simpel.

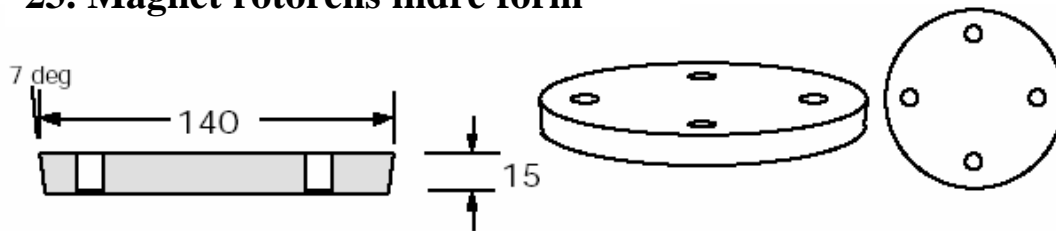
## 22. Rotor form



Brug PCD skabelonen til at bore 4 huller der passer til hullerne i magnetskiverne.

Hver magnet rotor behøver også en indre form (diagram 23), med samme mønster af 4 huller.

### 23. Magnet rotorens indre form



Alle formene skal slibes til de får en glat overflade og behandles derefter med polyurethan lak og polér voks. Brug ikke almindelig maling på formene. Varmen fra støbningen vil ødelægge overfladen på malingen og give et grimt resultat.



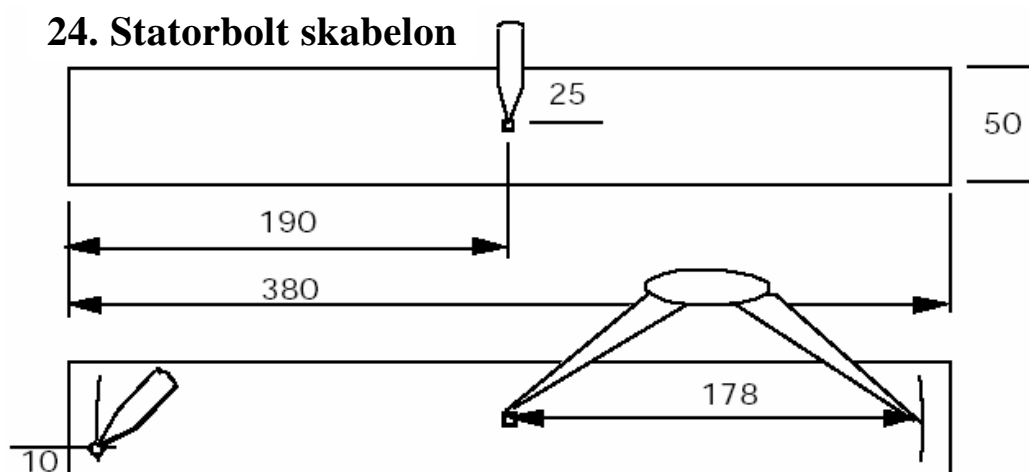
Rotor formene fremstilles og bruges

## Skabeloner for Statoren.

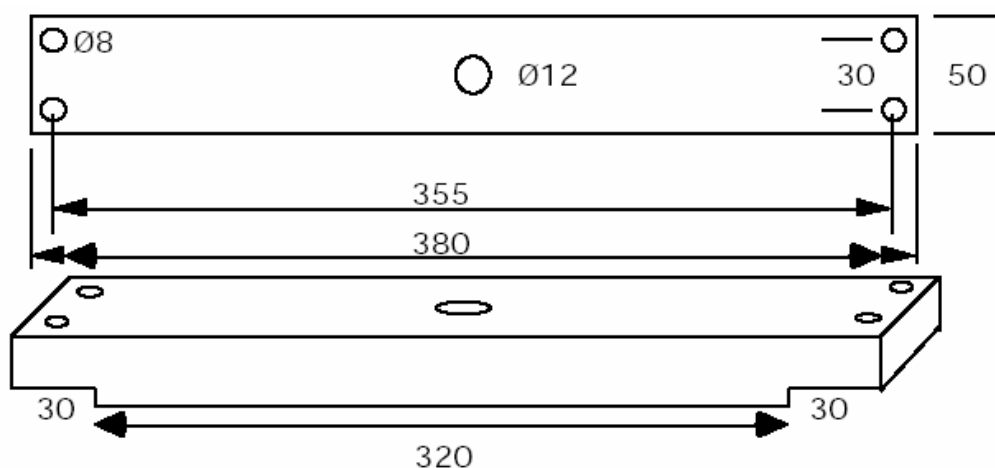
Skabelon for statorbolte (se diagram 24)

Statoren behøver fire 8mm støttebolte, indstøbt i den. Disse bolte har brug for en skabelon til at holde dem på plads indtil harpiksen er hærdet. Skabelonerne laves af træ 380 x 50 x 25mm. Disse mål skal overholdes præcist, da boltene ellers ikke passer i stativet senere.

- Lav en kørnerprik nøjagtigt midt på den største side (se diagram 24).
- Brug en målestok eller en passer for at markere en cirkel 178mm fra centrum.
- Lav 4 kørnerprikker på denne cirkel, 30mm fra hinanden og 10mm fra kanten.
- Bor hullerne op med et 8mm bor. (brug et mindre først for at gøre det mere nøjagtigt). Anvend et borestativ for at bore vinkelret igennem.
- Fjern lidt af undersiden på træstykkerne, for at undgå kontakt med glasfiber harpiksen.



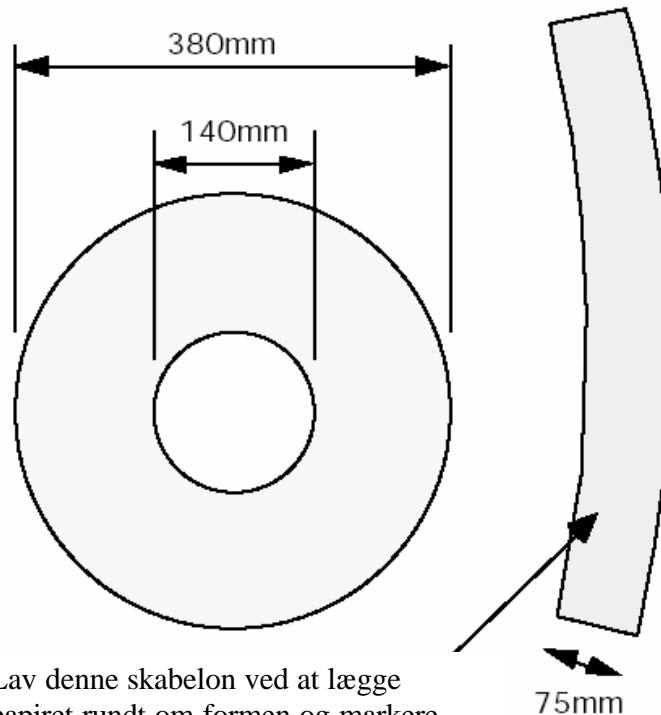
### Bor hullerne med en boremaskine på stativ



Papir skabeloner (se diagram 25)

Glasfiber (CSM) skal bruges i statoren. Lav nogle papirskabeloner til at skære stykker ud af glasfiber måtten. Du kan bruge dem til at lægge på glasfiber måtten og tegne rundt om dem og herefter klippe fiberen ud.

### 25. Papirskabeloner til glasfiber (CSM)



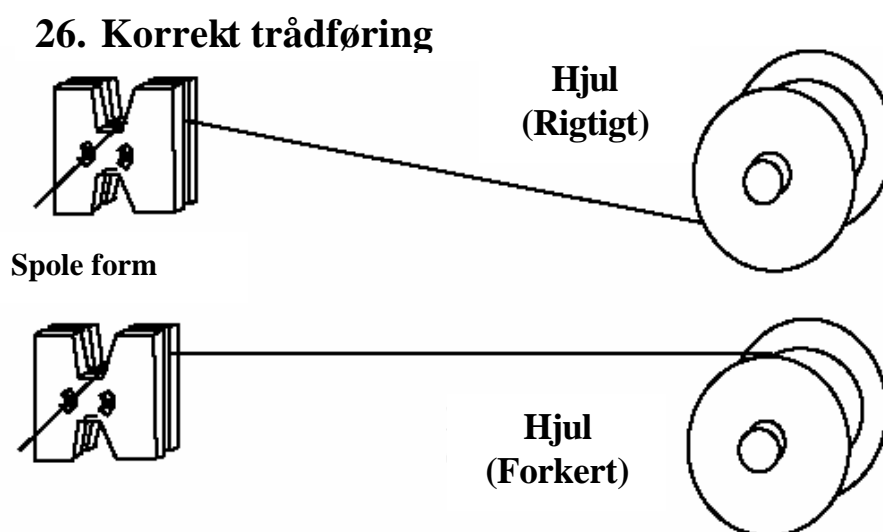
Lav denne skabelon ved at lægge papiret rundt om formen og markere kanterne.

## 4. Stator konstruktion

Denne sektion beskriver hvordan man laver en stator, bruger skabelonerne og formene fra sektion 3. Det er en god ide at lave en spole før man laver stator formene, så man sikrer sig at formen passer til spolerne.

### Vikling af spolerne

- Monter et hjul med kobbertråd på en aksel bag ved dig, i linie med spoleformen. Tråden skal ligne et "S", mens den vikles op på spolen. (Diagram 26).



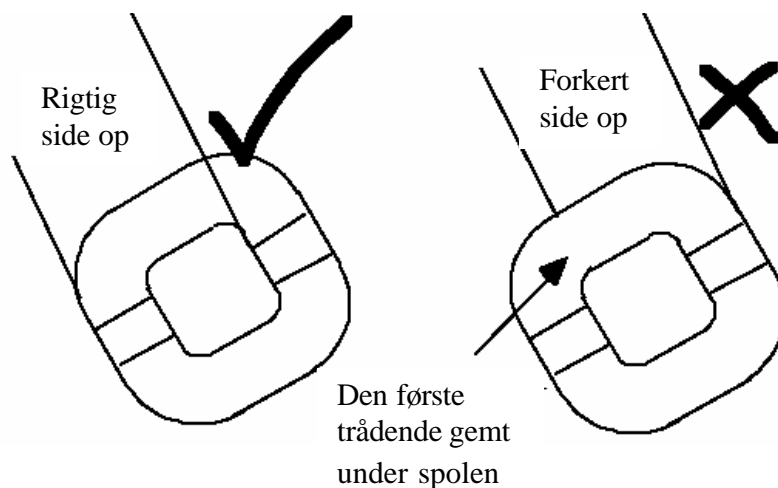
- Bøj enden af tråden 90 grader, ca. 100mm fra enden. Bøj ikke tråden andre steder, da en bøjet tråd ødelægger en kompakt spole.
- Placer bøjningen i udskæringen, så enden hænger ud.
- Sno enden løst rundt om vingemøtrikken.
- Tag fat om tråden mellem hjulet og vikleformen med et stykke stof for at støtte tråden.
- Drej vikleformen med håndtaget.

Den første vikling ligger tæt ved kanten i den side hvor enden af tråden stikker ud. Placer de andre viklinger pænt side om side uden at krydse over. Byg spolen op i jævne lag. Tæl omhyggeligt omgangene. Der skal normalt bruges 100 omgange.

- Når spolen er færdig, sæt et stykke tape under spolen i begge sider og bind den stramt. Klip ikke tråden over før dette er sket, da spolen ellers risikere at falde ud og løsne helt op. Klip tråden 100mm fra spolen.
- Fjern spolen fra formen og lav fem spoler mere på samme måde.
- Placer spolerne på et bord (så de alle vender samme vej, diagram 27). Vær sikker på at den første ende på spolen er øverst og ikke gemt under spolen.

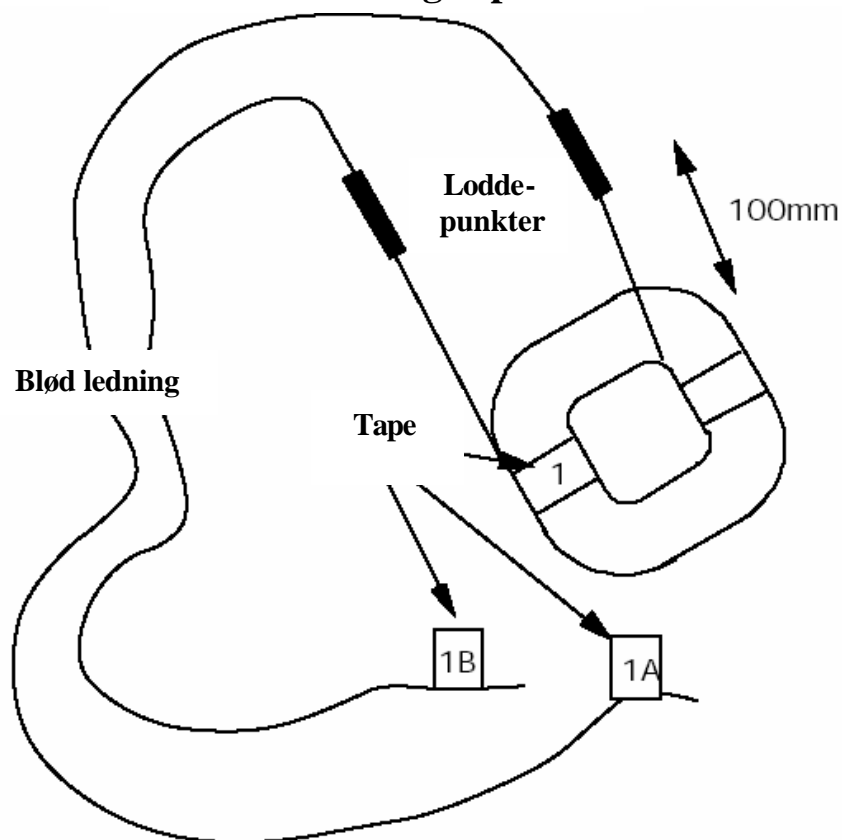
- Nummerer spolerne fra 1 til 6 ved at skrive på tapen.

### 27. Spolerne skal alle vende samme side op.



- Skrab lakken af tråden, mindst 20mm i hver ende af den lakerede kobbertråd, indtil det er rent kobber.
- Lod tråd enderne på en blød ledning. (diagram 28)

### 28. Lodde ledninger på





### Foreslået længde på blød ledning:

Spole 1 og 6 – 800mm

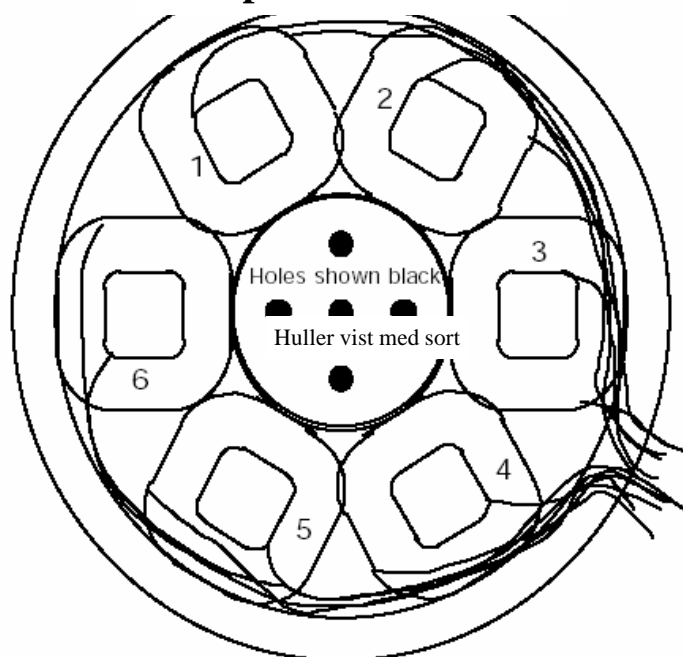
Spole 2 og 5 – 600mm

Spole 3 og 4 – 400mm

- Dæk lodningen med et stykke flex. Efterlad ingen uisolerede steder.
- Mærk enderne med spolenummer og bogstavet A eller B. A er starten på spolen og B er enden. Bland dem ikke sammen. Eller brug farvet ledning, evt. sort for starten af spolen og hvid for slutningen.
- Læg spolerne i den ydre form.
- Tjek at spolerne passer fint i formen og at ledningerne er lange nok til at nå udgangspunktet mellem spole 3 og 4.

Det er vigtigt at alle spoler vender samme side op.

## 29. Spolerne i formen



### Forberedelse for stator støbningen

Stator støbemassen indeholder:

- Seks spoler
- Polyester harpiks og talkum (og måske farve)
- Glasfiber (CSM)
- Fire gevindbolte 8mm x 100mm
- Vær omhyggelig med at forberede formene. Slib dem, forsegl dem, polér dem. Hvis PVA slipmedel fås så bør den bruges.

Klip glasfiber CSM stykker ud efter skabelonerne. Der skal være to runde skiver som placeres fladt i den ydre form. Du skal også lave nok kurvede strimler til at dække indersiden af den ydre form i dobbelt tykkelse af glasfibernåten. Overlap med 25mm.

Når du alt klar, kan du starte støbe processen.

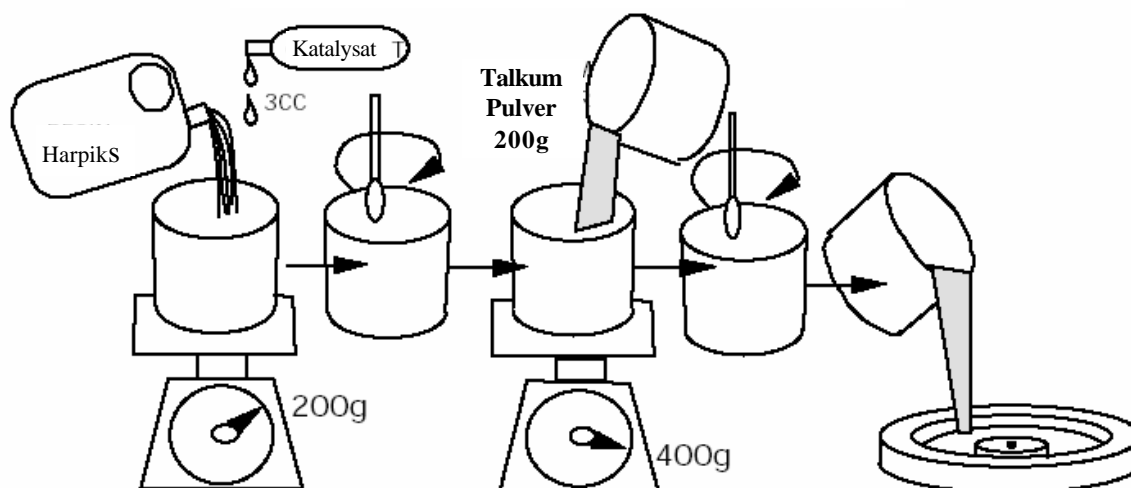
Det er en god ide at læse hele proceduren igennem først og være sikker på at have forstået det før du starter. Der er notater om polyester harpiksen i sektion 8.

### Stator støbe processen

Diagram 30 viser processen for at veje harpiksen og talkumpulveret.

Talkumpulveret bruges kun i større blandinger, for at undgå for stor varme og til at gøre blandingen tykkere. Forskellige blandinger bruger forskellige mængder – følg instruktionen nedenunder, trin for trin. Diagram 31 viser hvordan alle tingene sættes sammen.

## 30. Blanding af polyester harpiks



Bland harpiksen med katalysatoren grundigt men langsomt for at undgå luftbobler. Tilsæt talkumpulveret efter katalysatoren er iblandet. Når harpiksen er blandet, brug den straks. Efter kort tid i blanding-beholderen vil harpiksen blive varm og begynde at størkne.

Brug nøjagtigt den rette mængde katalysator. Harpiks støbning har kun behov for den halve mængde katalysator end normalt glasfiberarbejde. Hvis værkstedet er varmt, tilsæt mindre katalysator. Hvis man laver tykkere lag af harpiks, brug mindre katalysator. Hvis der er nogen tvivl, så lav nogle forsøgsblandinger og find ud af den rette mængde katalysator. Resin skubbes ude af beholderen med stød for at arbejdsgangen kan foregå hurtigere.

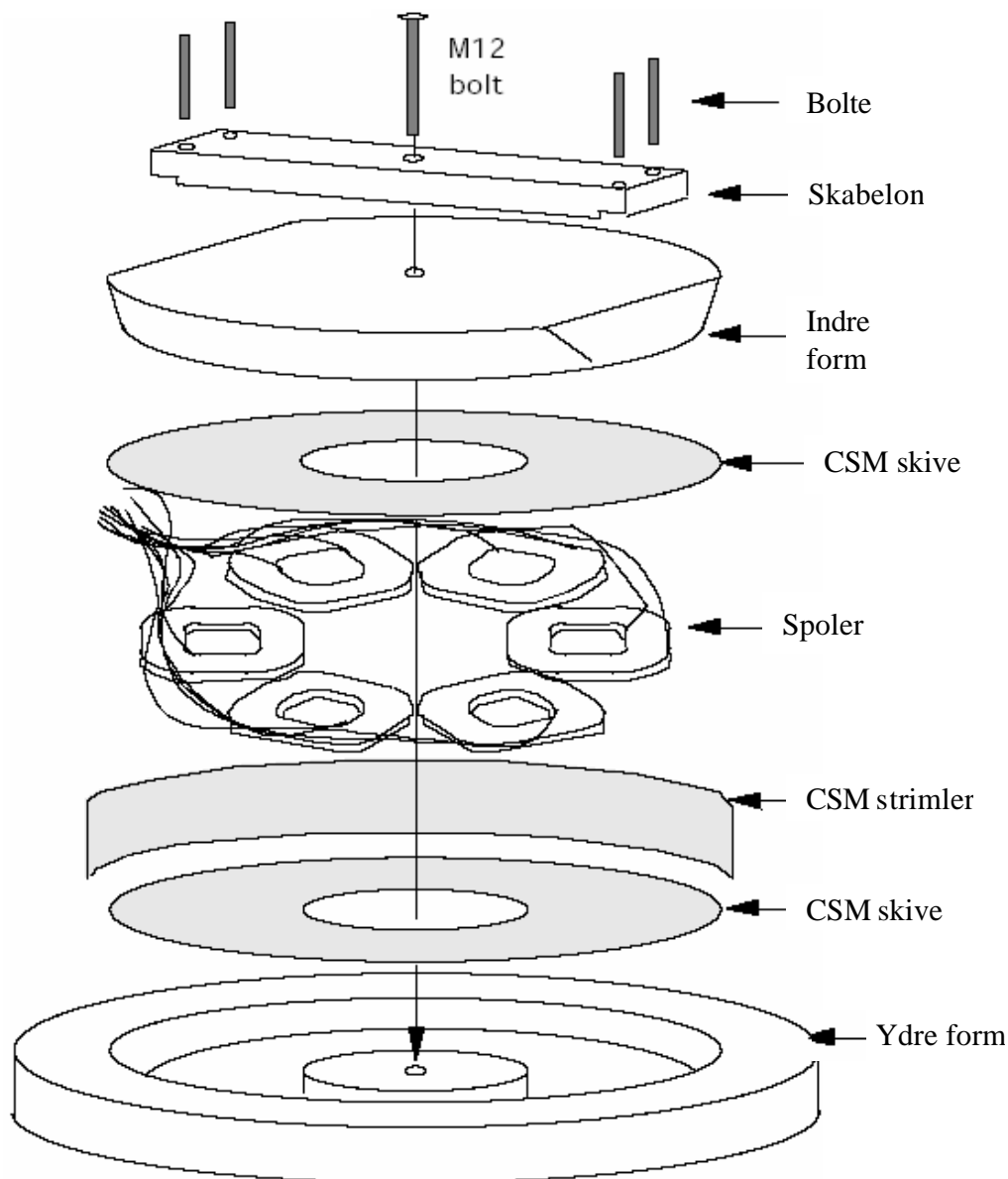
Vær omhyggelig med ikke at fjerne polérvoksen under støbeprocessen især hvis PVA slipmiddel ikke fås)

- Placér den ydre form på en avis på et arbejdsbord.
- Bland 200g harpiks med 3cc katalysator (og 15-30cc farvepulver, hvis ønsket). Brug **ingen** talkumpulver i de første to blandinger.
- Mal harpiksen på hele indersiden af den ydre form. Mal **ikke** på toppen af den centrale del.(navet)
- Påfør et lag af glasfiber (CSM) og mal mere harpiks ovenpå. Undgå luftbobler og arbejd harpiksen godt ned i glasfiberen.
- Tilføj yderligere et lag på siden, men gem en skive til senere.
- Læg spolerne ned i formen. Før alle ledningerne ud mellem spole 3 og 4.
- Lav en ny harpiksblending af 100g harpiks med 2cc katalysator. Fordel dette over spolerne viklinger og tråde. Sørg for at harpiksen bliver fordelt jævnt og grundigt.
- Lav en ny blanding af 600g harpiks med 9cc katalysator og 600g talkumpulver. Hæld dette ned mellem spolerne. Denne blanding burde fylde den ydreform indtil det er i niveau med midterstykket.
- Ryst formen for at fjerne luftbobler. Vibrationer vil hjælpe harpiksen at sætte sig og fjerne luftbobler.
- Bland endnu 200g harpiks med 3cc katalysator og kun 100g talkum. Læg den anden skive af glasfiber (CSM) ovenpå spolerne og mal den med denne blanding. Sørg for at rense penslen grundigt med fortynder.
- Læg den indre form ned i den ydre form og placér 12mm bolten gennem centrum af begge. Put ledningerne pænt i hullet mellem de to forme. Et fladt område på den indre form er placeret over det sted hvor ledningerne kommer ud af statoren. Harpiksen vil nu stige op langs kanten og noget vil sikkert flyde over.
- Hvis det er nødvendigt, stop forsigtigt harpiks ind i hullet mellem de to forme, indtil det når toppen af formen. Det kan være nødvendigt at lave en ny harpiksblending til dette formål, 100g harpiks med 1,5cc katalysator. Hold regnskab med mængden af harpiksen der bruges, til næste gang.
- Placér skabelonen (til boltene – diagram 24) over den indre form, med den ene ende over ledningsenderne. Stram 12mm bolten med en møtrik. Isæt de fire 8mm bolte i hullerne med en bolt foroven. Boltene skal sænkes cirka deres halve længde ned i harpiksen.



## Seks trin af stator støbe processen

### 31. Stator støbningens dele



Støbningen er nu færdig. Den skulle blive en smule varm og hærde i løbet af nogle timer. Hvis den ikke begynder at hærde i løbet af nogle få timer, placér formen et varmt sted for at speede processen op.

Når harpiksen er blevet hård, fjern den fra formen. Vær tålmodig og forsigtig hvis muligt. Fjern skabelonen fra boltene. Bank de to forme fra hinanden, ved at bruge en bolt i hvert hul omkring det centrale hul. Bank støbemassen ud af formen ved at banke kanten ned mod gulvet.

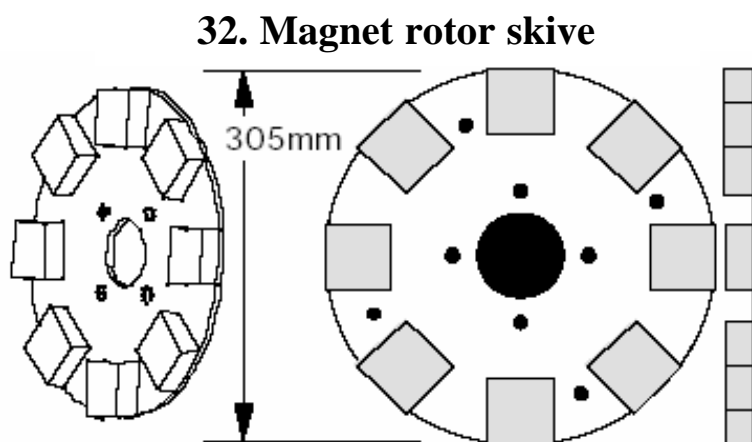
## 5. Rotor konstruktion

Magnet rotoren er også en støbning. Senere beskrives hvordan tingene samles. Men først magnetpladerne, magnetblokkene, den rustfri ståltråd osv. samles, som beskrevet i det følgende.

### Magnetplader

Hver magnet rotor er bygget på en jernskive, 6mm tyk. Se diagram 32. Brug ikke aluminium eller rustfrit stål til denne skive! Denne skive skal laves af magnetisk materiale. Skiven har huller for at montere den på kuglelejet – i denne manual har lejet 4 huller, hvert 10mm i diameter og placeret i en cirkel på 4 tommer (102mm). Hvis der anvendes et andet leje, skal alle forme og skabeloner tilpasses dette leje.

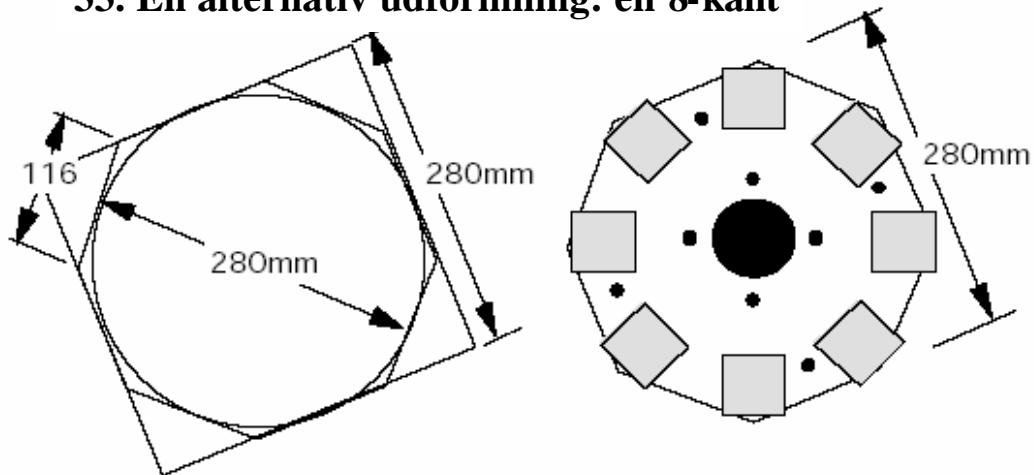
I midten af skiven er der et hul på 65mm i diameter. Der skal også bores 4 huller og skæres gevind til 10mm gevindstænger placeret mellem magneterne i en cirkel på 220mm. Skru fire 10mm gevindstænger, 20mm lange, i disse huller. Stængerne vil fæstne sig i harpiksen og hjælpe med at holde støbningen fast på skiven.



Magnetpladen skal være hel flad og ikke bøjet eller bulet. Det er ikke nemt at skære den ydre cirkel uden at bøje pladen. En professionel pladesaks kan klippe pladen som en 8-kant (se diagram 33), uden at bøje pladen. Dette er en alternativ måde at lave rotor skiven på. Først klippes en firkant, derefter tegnes en cirkel og herefter klippes hjørnerne af på 45 grader. Længden af hver kant er 116mm.

Magneterne placeres på hjørnerne af denne 8-kant.

### 33. En alternativ udformning: en 8-kant



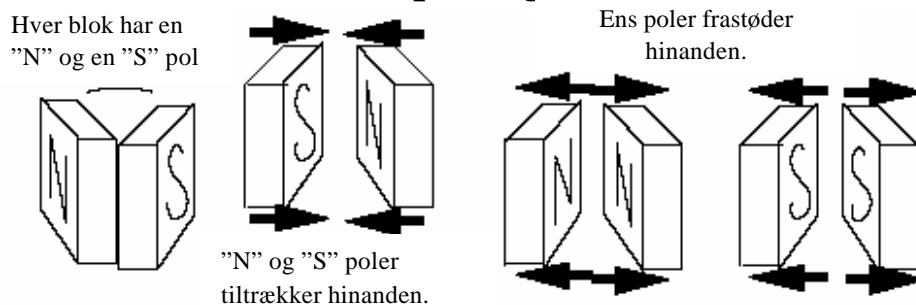
Hullet i midten er lavet med en hulsav eller det kan laves i en drejebænk.

Slib stålpladerne indtil de er rene og skinnende, lige før de skal bruges i støbeformen. Fjern fedt eller olie med alkohol.

Magnet blokke

Der er 8 magnet blokke på hver rotor. Hver blok har en nordpol og en sydpol (se diagram 34)

### 34. Polariteter på magnet blokkene.

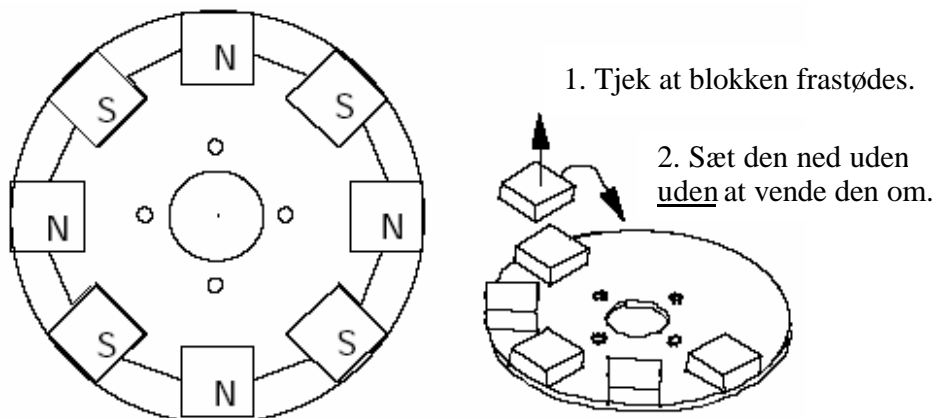


Vær forsigtig med håndtering af magneterne. Magneter kan ødelægge floppy disk, musik bånd, kredit kort og andre magnetiske medier. Adskil dem ved at skubbe dem sidelæns fra hinanden. De tiltrækker hinanden kraftigt. Pas på de ikke smækker hårdt samme, det kan knække dem. Brug aldrig en hammer til at samle PMG'en. Du kan risikere at knække en magnet eller harpiksen der holder den.

Oversiden af magnet blokkene på pladen skal skiftevis være N – S – N – S -... Der er en metode, så du kan tjekke at du placerer dem korrekt, se følgende. Hver gang en magnet blok skal anbringes, hold den

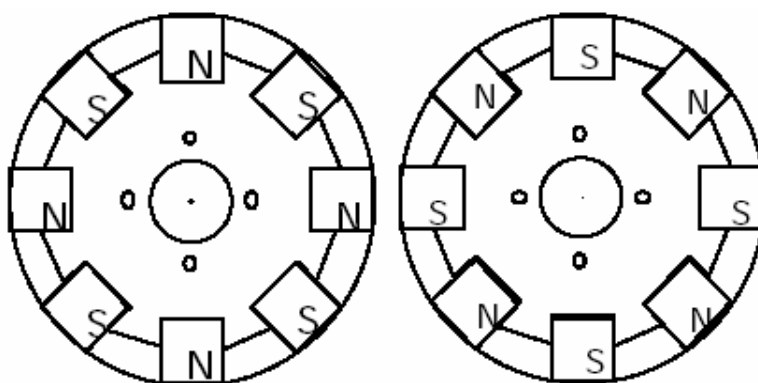
således at de frastøder den foregående magnet (se diagram 35). Så placér den uden at vende den om. Når de alle er placeret, tjek med en anden magnet, at de alle skiftevis tiltrækker og frastøder.

### 35. Placering af magnet blokkene



De to magnet rotoréer skal tiltrække hinanden når monteringshullerne er ud for hinanden. Tjek at magneterne før og efter på den ene rotor er forskellige fra magneterne på den anden rotor. (Se diagram 36).

### 36. Disse to rotoréer er ikke ens



#### Rustfri Stål wire

Når PMG'en drejer rundt, vil magneterne forsøge at falde af rotoréerne. Der er store centrifugal kræfter på spil der forsøger at trække magneterne af. Da vi begyndte at bygge disse PMG'er, var magneterne blot limet fast til jernpladen. Når PMG'en så drejede hurtigt rundt, røg magneterne af, og rotoréerne var ødelagt.

Så vi støber magneterne ind i harpiks. Harpiksen er dog ikke stærk nok til alene at holde på magnet blokkene. Den skal forstærkes. Læg en stålwire rundt om magnetrotoren. Almindelig stålwire er stærk nok, men den ville tage magnetismen fra magneterne. Vi bruger rustfri stålwire, da den ikke er magnetisk og ikke ødelægger effekten fra magneterne. Rustfri stålwire bruges bl.a. på fiskerbåde.

Før vi bruger noget harpiks, skal nogle af delene samles. Læg stålwiren 5 gange rundt om magneterne, og klip den af. Tape den fast flere steder, så den ligger pænt hele vejen rundt.

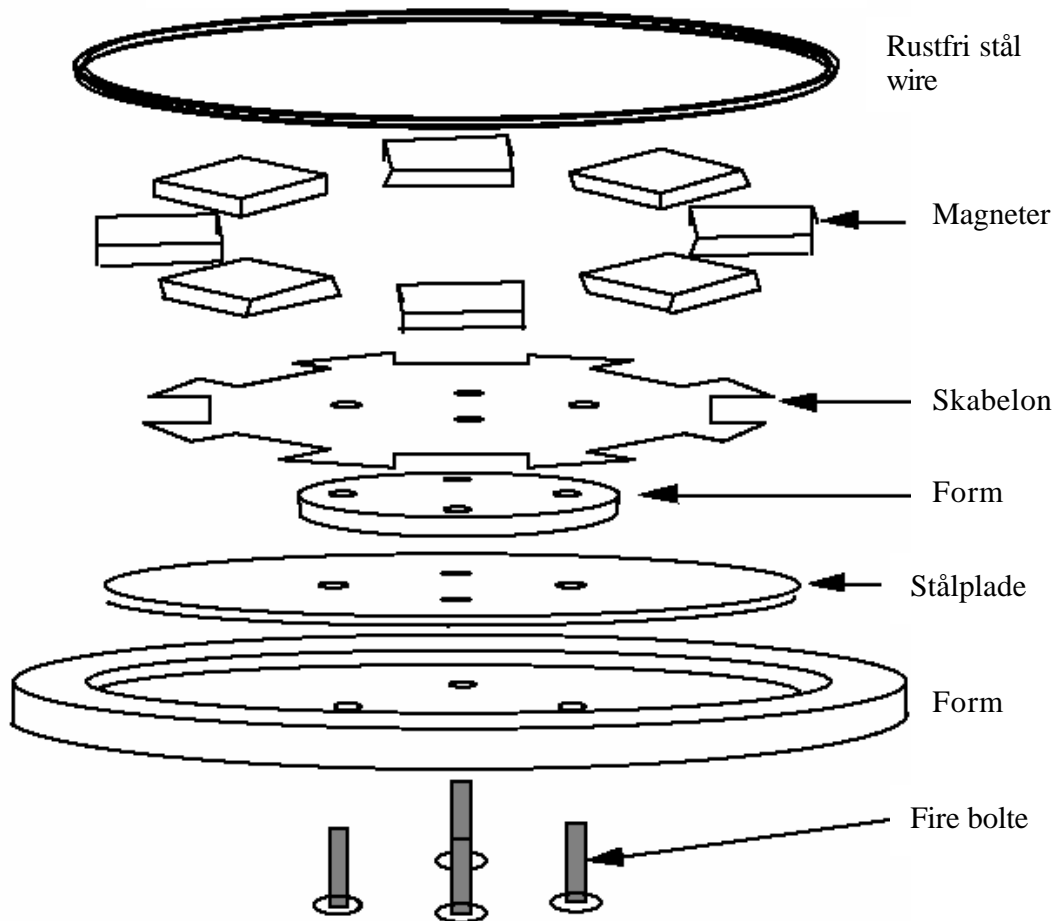
### Rotor støbnings processen

Før vi starter, tjek at alt er klar til brug.

- Formene er forberedt med voks.
- Magneterne og magnetpladen er ren og skinnende (uden fedt)
- 16 strimler CSM er klar til at bliver lagt mellem magneterne.
- Stålwiren er klippet i rette længde og tapet.
- Magnet positions-skabelonen er klar.

Mængden af harpiks som er beskrevet her er nok til to magnet rotor.

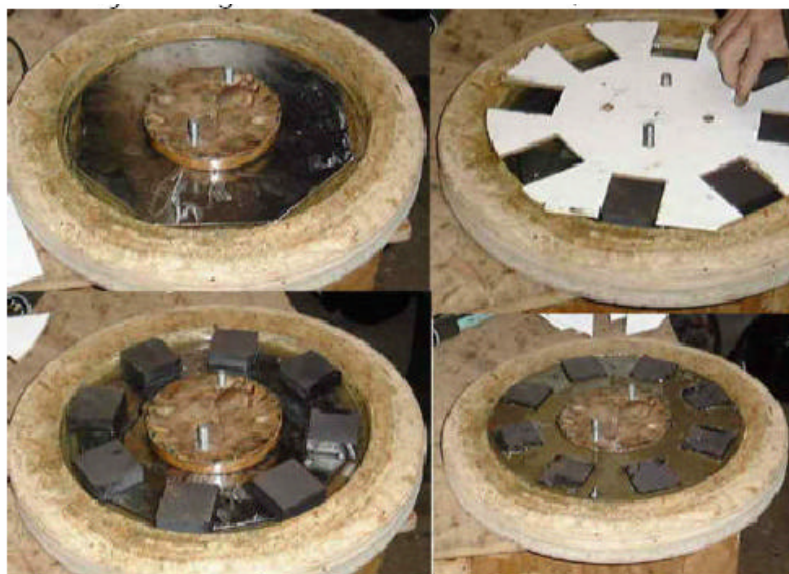
### **37. Montering af magnetrotor formen.**





- Placér fire bolte gennem huller i den ydre form, nedefra (se diagram 37). Læg en stålplade i den ydre form. Læg den indre form ovenpå. Vær opmærksom på at den smalle del vender nedad, så man bedre kan skille formen af igen efter støbningen.
- Bland 200g harpiks med 3cc katalysator. Mal det over hele stålpladen. Tilføj 20g farve hvis det er ønsket. Bland 100g talkum pulver med resten af harpiksen. Smør denne blanding rundt langs kanten af pladen, indtil hullet er fyldt op i niveau med stålpladen.
- Placér magnet positions-skabelonen på boltene. Læg magnetblokkene på stålpladen i skabelonens huller. Husk at magneternes poler skal skifte – nord, syd, nord, syd... Undersøg at magneterne opfører sig som beskrevet i diagram 35. Når alle magneter er placeret, fjern skabelon og brug den til den næste magnet rotor. **Husk:** anbring magneterne således at de to rotorer tiltrækker hinanden.  
Pas på ikke at flytte magneterne fra deres plads, ellers risikerer de at tiltrække hinanden.
- Sæt møtrikker på de fire bolte og fastgør den centrale skive ned på stålpladen
- Bland 500g harpiks med 7cc katalysator. Tilføj 300g talkum pulver. Læg små strimler af CSM imellem magneterne og i mellemrummet ud til kanten. Påfør harpiks indtil CSM'en er gennemblødt. Ryst og stamp harpiksen for at fjerne luftbobler.
- Læg spolen af stålwire løst rundt om magnet blokkene, den må ikke rage op over formens kant. Wiren må ikke falde ned under magneterne. Placér den på CSM'en. Pas på ikke flytte magneterne.
- Bland 500g harpiks med 7cc katalysator. Tilføj 300g talkum pulver. Fyld blandingen i formen indtil den når formens øvre kant.

Vent til rotorstøbemasserne er blevet hård (adskillige timer) før du fjerner dem fra formene. Vær tålmodig når du fjerner dem fra formene. Brug ikke hårde hammerslag, det kan ødelægge dem. Slå på formen, ikke på rotoren.



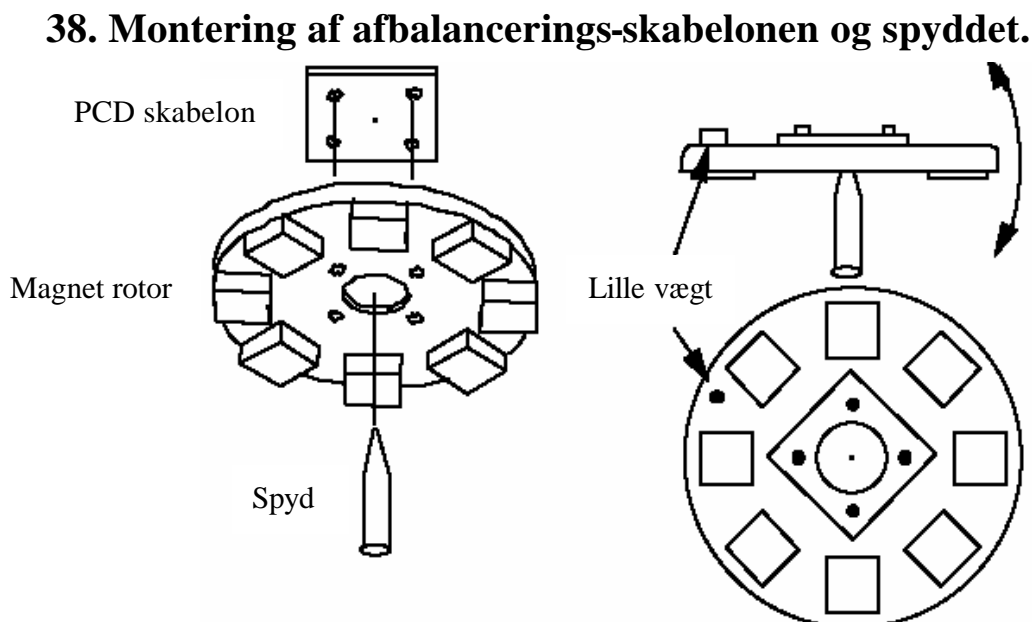
Fire trin i rotorstøbningsprocessen.

## **6.** **Montering**

### **Rotor afbalancering**

Hver rotor skal afbalanceres, ellers vil PMG'en ryste når den drejer rundt. Hele PMG'en skal afbalanceres igen til slut, fordi rotorerne sikkert ikke bliver monteret helt centreret. En anden metode bliver brugt til den sidste afbalancering i Sektion 6.

For at afbalancere en magnet rotor (se diagram 38), anbring først PCD skabelonen (fra diagram 11) med de fire bolte. Derefter sættes rotoren på et spyd, som vist nedenfor:



Hvis rotoren ligger vandret er den i balance. Hvis den ikke ligger vandret, så anbring en lille vægt, eller bor noget af harpiksen væk mellem magneterne, indtil den er i balance. Drej rundt og tjek at den stadig er i balance. Erstat vægklodsen med et tilsvarende tungt stykke af en 10mm gevindstang, der skrues ind i harpiksen mellem magneterne.

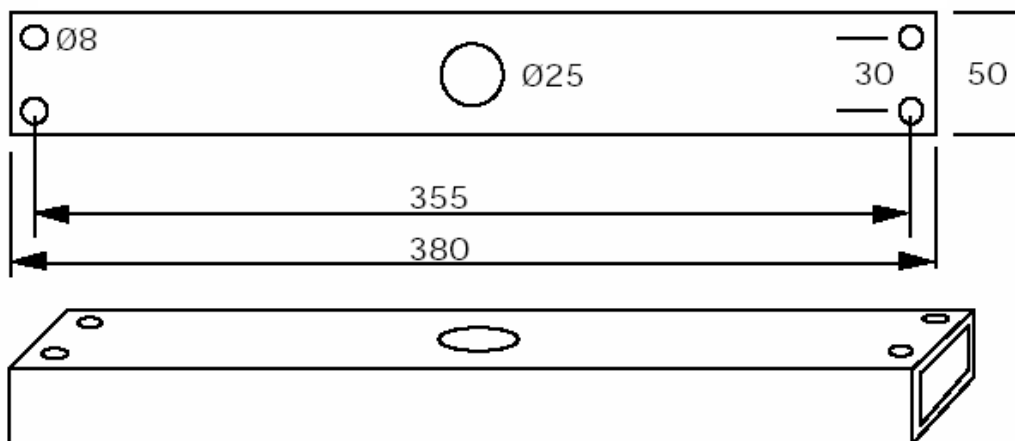
### **PMG'ens stativ og kugleleje (se diagram 39)**

Lav PMG'ens stativ af et 380mm langt firkant-rør, 50x25x4mm. Markér midten på en af de brede sider og markér fire 8mm huller, på samme måde som for "Stator bolt skabelonen". Du kunne også bruge Stator bolt skabelonen at bore efter.

Hullet i midten er 25mm eller passende til akslen. Bor dette hul med et hulsav eller i en drejebænk.

### **39. Stativet af firkantrør**

Bor hullerne i et borestativ for at sikre korrekt vinkel

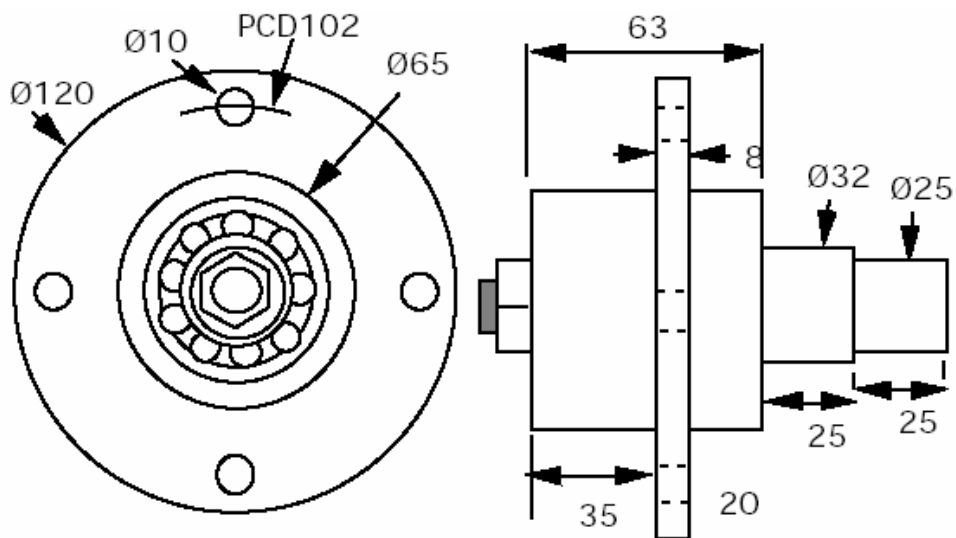


Svejs akslen i 25mm hullet. Vær opmærksom på at akslen står vinkelret (90grader) på stativet.

Kuglelejet (diagram 40) passer på akslen. Det består af to 50x25mm yderringe med et mellemstykke. Der skal påsættes en plastiklåg i enden for at holde snavset ude af lejet.

Glem ikke at smøre lejerne. Men ikke for meget, ellers bliver de for træge at dreje rundt.

### **40. Kuglelejet**



Fotos viser montering af den bagerste rotor.

#### PMG montering

- Sav 4 stykker 10mm gevind jern, hvert 200mm langt. Disse bruges til at fastgøre magnet rotorerne til kuglelejet. Møllevingerne skal også fastgøres til disse bolte.
- Sæt 6 møtrikker på hver bolt. (Se diagram 41)
- Stik boltene gennem hullerne i lejet, forfra.
- Sæt den bagerste rotor på enden af boltene.



- Sæt en møtrik på enden af bolten og skru den anden bolt ned, så den bagerste rotor bliver fastgjort til lejets flange.
- Den yderste bolt fæstnes med lak.
- Anbring stativet i en skruestik med akslen opad. Sæt lejet på akslen. Brug ikke hammer. Spænd lejet fast med en møtrik og en låsesplit. Overspænd ikke møtrikken. Sæt et støvdæksel over lejet.

#### 41. Bolte



- Drej rotoren forbi et stykke messingtråd. Brug ikke jern, da det tiltrækkes af magneterne. Overfladen af magneterne skal være i samme niveau +/- 0,5mm. Hvis ikke, anbring små afstandstykker mellem lejeflange og rotorplade. Fortsæt indtil afstanden passer.
- Tag statoren. Sæt en 8mm møtrik på hver bolt. Skru dem helt ned. Placér statoren over den bagerste magnet rotor.



- Indfør dens støttebolte i hullerne i stativet. Sæt flere 8mm møtrikker på enden af boltene.
- Sænk langsomt statoren og drej den bagerste rotor. Hold statoren vandret. Du hører en lyd når den højeste magnet rammer statoren.
- Brug boltene til at hæve statoren 1mm på alle fire bolte.
- Placér nogle skiver på 10mm boltene, som holder rotoren.
- Brug altid samme antal møtrikker og skiver på hver bolt. Totalt burde 6 møtrikker og 2 skiver være nok.



Montering af stator

- Sæt nu den forreste magnet rotor på.
- Hvis den forreste rotor er mindre end 1mm på noget sted fra statoren, så tilføj flere skiver.



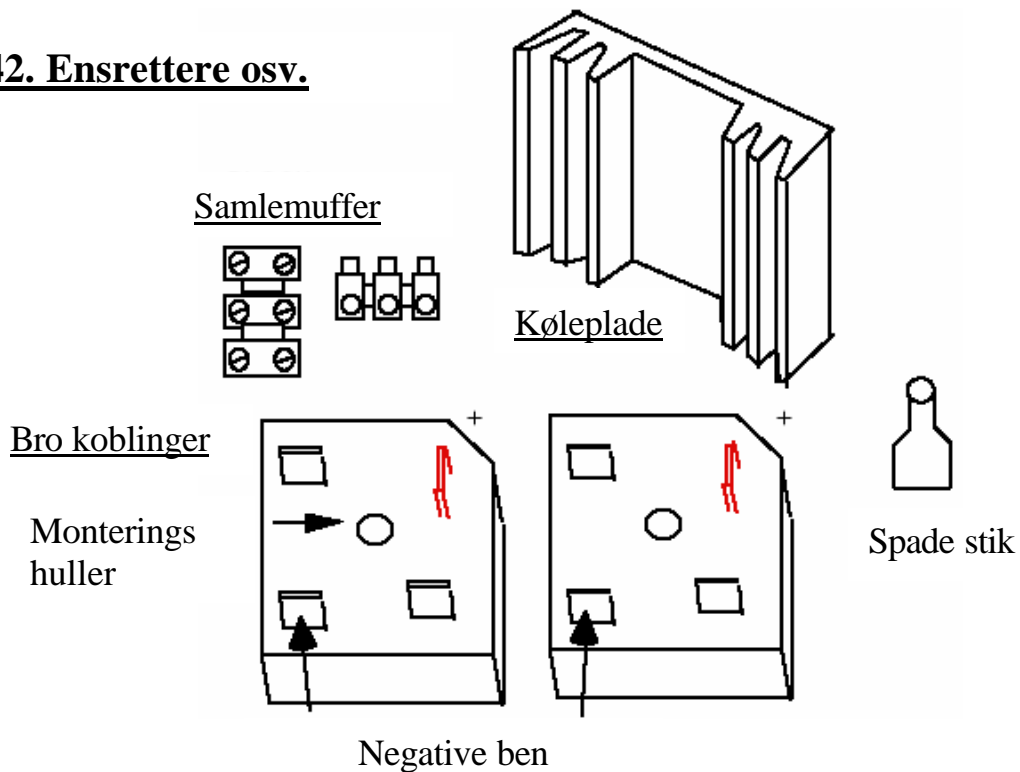
Montering af den forreste rotor

- Hvis der er mere end 1mm fra statoren, så fjern nogle skiver. For at finde det rigtige antal skiver, kan man fjerne skiver indtil rotoren skraber på statoren og så tilføje 1mm.
- Når afstanden er korrekt, sæt flere møtrikker på og spænd dem fast.

### Elektriske dele

Den næste sektion (sektion 7) beskriver hvordan man forbinder ensretteren til statoren. Jeg anbefaler at man bruger to "et-faset bro-ensretter" (se diagram 42). De fås i blokke på 30 x 30 mm. De positive ben forbindes begge til batteriets positive ben. (De sidder ofte vinkelret på den andre tre ben). De negative ben forbindes til batteriets negative ben. De tilbageblivende fire ben skal bruges til AC forbindelsen på statoren. Du vil sikkert kun få brug for tre af disse, forbundet som ønsket, tilpasset til hastigheden (Se sektion 7).

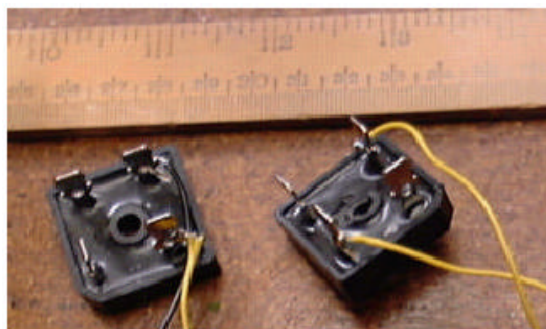
## 42. Ensrettere osv.



Samlemuffer er brugbare til at forbinde ledningerne fra statoren. Alternativt kan lodning eller crimpning anvendes.

Lod eller brug spadestik til at forbinde ledningerne på brokoblingerne. Pas på ikke at overophede brokoblingerne mens du lodder. Skru dem fast på kølepladen, der sikkert vil ligne den på diagrammet, men ethvert stykke aluminium på ca. 250g eller mere kan bruges.

Beskyt alle forbindelser under et vandtæt låg.



To brokoblinger

## **7. Test og forbindelser**

Tjek at PMG'en ikke har nogle fejl før den sættes i gang. Det er meget lettere at rette fejl nu end senere hen.

### **Mekanisk test**

Spænd stativet op i en skruestik. Magnet rotorerne skal kunne bevæge sig frit. Akslen skal sidde vandret, som den vil gøre på vindmøllen. Tjek at ingen af ledningerne rører hinanden, en kortslutning vil gøre rotorerne sværere at dreje.

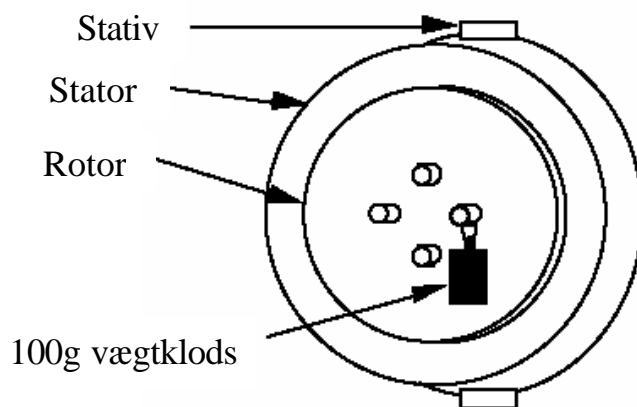
Tjek at rotoren drejer frit.

Drej rotoren og lyt efter lyde. Der skal ikke være nogen skrabe eller knirke lyde fra rotoren, mens den drejer. Den skal frit kunne køre rundt i flere sekunder, hvorefter den langsomt standser. Hvis den stopper for hurtigt, kan det tyde på en elektrisk fejl eller at lejet er strammet for meget.

Tag fat i statoren med begge hænder. Skub med den ene hånd og træk med den anden, mens rotoren drejer rundt. Statoren må ikke berøre rotoren. Hvis der er en skrabelyd, kan det være nødvendigt at adskille PMG'en og gøre afstanden mellem stator og rotor større. Eller det kan måske være nok at lave mindre justeringer på statorens monteringsbolte.

Stands rotoren med en af boltene på klokken 3 position (se diagram 43). Hæng et 100g vægt på denne bolt. Rotoren burde nu dreje med uret. Hvis ikke er lejet muligvis for stramt eller der er fyldt for meget fedt i.

### **43. Hæng en vægtklods på en af boltene**



Tjek afbalanceringen.

Rotorerne er allerede blevet afbalanceret i sektion 6. Møllens vinger skal også afbalanceres på samme måde. Når det hele er samlet, bør du tjekke afbalanceringen igen ved at anvende den nye metode herunder. Det er nødvendigt, da det ikke er sikkert at rotorpladen er monteret nøjagtigt i midten af PMG akslen.

Gentag den forrige test (diagram 43) med hver af de 4 bolte i klokken 3 position. Prøv forskellige vægte og find den letteste vægt, hvor rotoren lige netop drejer. Hvis en af boltene skal have en større

vægt end de andre, så er rotoren ikke i balance. Anbring nogle små vægklodser indtil balancen er perfekt.

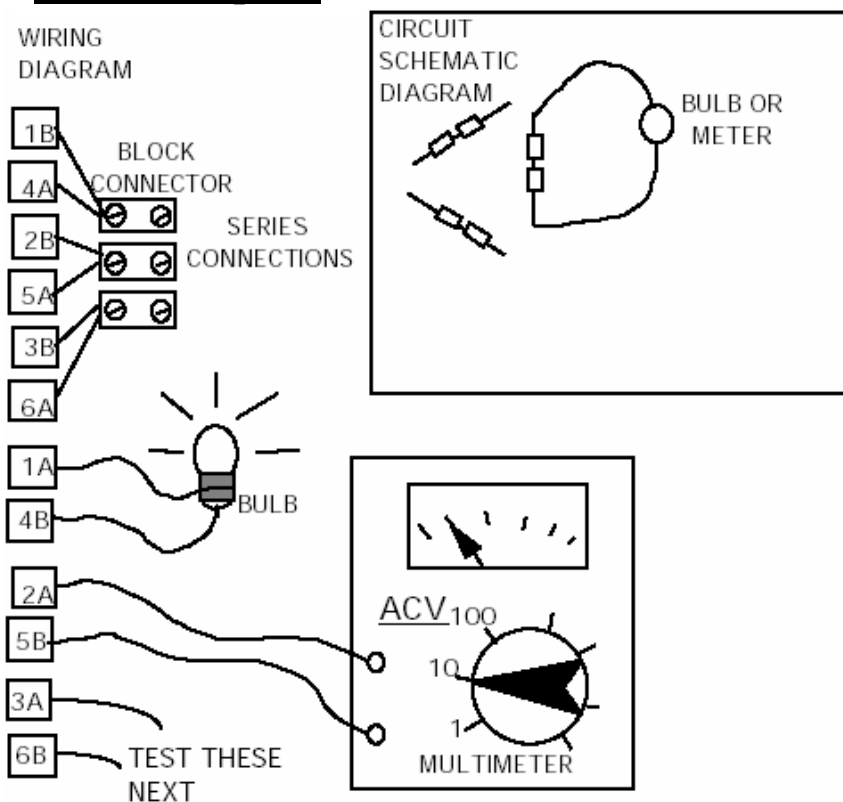
## Elektrisk test

Test af spolens forbindelser

Det er nemmest at bruge et multimeter når man tester PMG'en, men man kan også teste en del ved hjælp af en 3volt pære. (Se diagram 44).

- Forbind ledning 1B med 4A, 2B med 5A og 3B med 6A (Serieforbinding af spolepar med samme fase).
- Sæt multimeteret på "10V AC" eller lignende. (Hvis du har et).
- Forbind multimeteret , eller pæren, mellem ledning 1A og 4B.

### 44. test af spoler



- Drej PMG'en langsomt med hånden, ca. en omgang i sekundet.
- Voltmeteret skulle gerne vise ca. 2 volt, eller pæren skal blinke.
- Gentag testen med to andre ledningspar: 2A og 5B, 3A og 6B.  
I hver test skal resultatet blive ens.

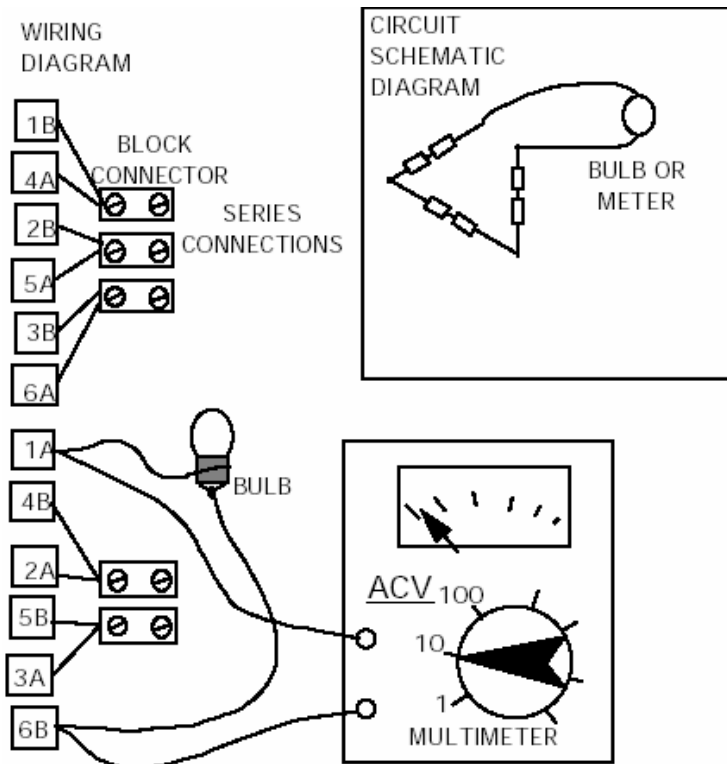


Hvis der ikke er noget udslag, eller meget lavt udslag, undersøg om forbindelserne (1B-4A, 2B-5A, 3B-6A) er lavet korrekt. Hvis alle forbindelserne er ok, så er det muligt at en af spolerne er blevet monteret omvendt.

Hvis nogle af spolerne er blevet placeret omvendt, er det nødvendigt at lave en anden test (se diagram 45), for at finde hvilken der er vendt. Forbind 4B-2A og 5B-3A som vist på diagrammet. Test nu mellem 1A og 6B. Der skulle **IKKE** være andet end en meget lille spænding. Hvis der spænding, eller pæren lyser op, så byt forbindelserne (A med B) på spolerne indtil spændingen synker ned til et meget lavt niveau.

Når den fejlagtige spole er fundet, markér ledningerne igen, med A og B på den rigtige ender.

### 45. Tester efter en byttet spole



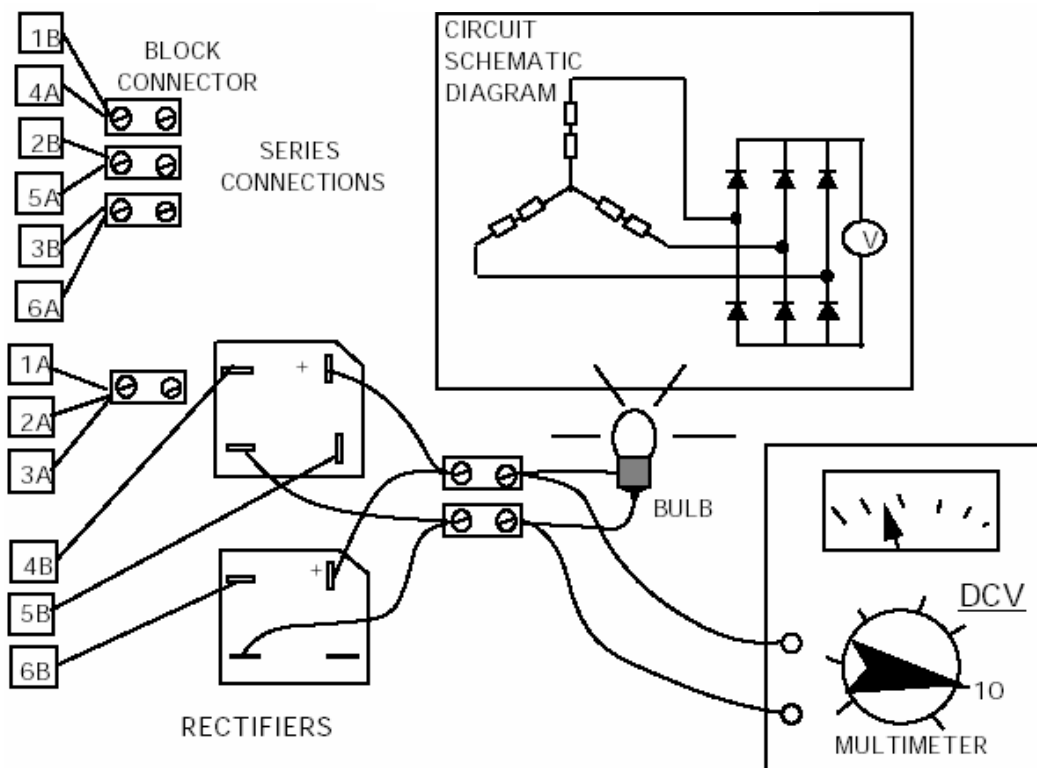
Der vil altid være en minimal spænding i testen, fordi spolerne ikke ligger perfekt i formen. Hvis testen viser mere end 1 volt, skulle det være muligt at lave en fremtidig stator bedre ved at lægge spolerne nøjagtigt lige langt fra hinanden i formen.

#### DC testen

Når ovenstående test er overstået og resultaterne er korrekte, så tilslut enretteren, som vist på diagram 46. Forbind ledning 1A, 2A og 3A med hinanden. Forbind 4B, 5B og 6B til hver sit AC ben på brokoblingen (markeret med et "S" symbol). Dette er en "Stjerne" forbindelse. Tilslut en pære til udgangen. Hvis muligt, også et voltmeter stående på 10V DC.

## 46. DC test

### Stjerneforbundede spoler



Drej rotoren med hånden som tidligere, ca. en omgang i sekundet (60rpm). Voltmeteret skulle nu stå stabilt ved 4 volt DC (eller 3V hvis pæren er monteret). Pæren skulle lyse konstant, ikke blinke som tidligere.

Hvis der ikke er noget udslag, eller pæren blinker, er der en fejl i konstruktionen eller en fejlagtig brokobling. Tjek forbindelserne. Prøv en anden brokobling.

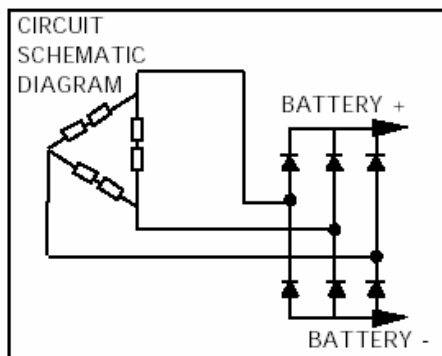
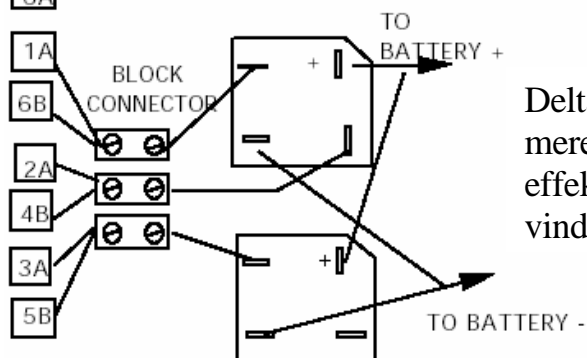
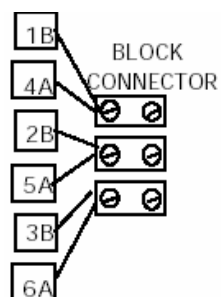
Du kan også teste PMG'en uden pære og voltmeter. Bare forbind de positive og de negative ledninger fra brokoblingerne til hinanden (alle fire) – en kortslutning. Prøv nu at dreje PMG'en. Den skulle være tung at dreje, men rolig. Hvis den ryster når du drejer den, er der en fejl.

### Tilslut PMG'en til et 12 volt batteri

#### Stjerne og Delta forbindelser

Ved lave vindstyrker, bør du forbinde spolerne i en "Stjerne", som vist ovenfor. Ved høje vindstyrker og højere strømstyrker, bør du tilslutte spolerne i en "Delta"-forbindelse, se diagram 47.

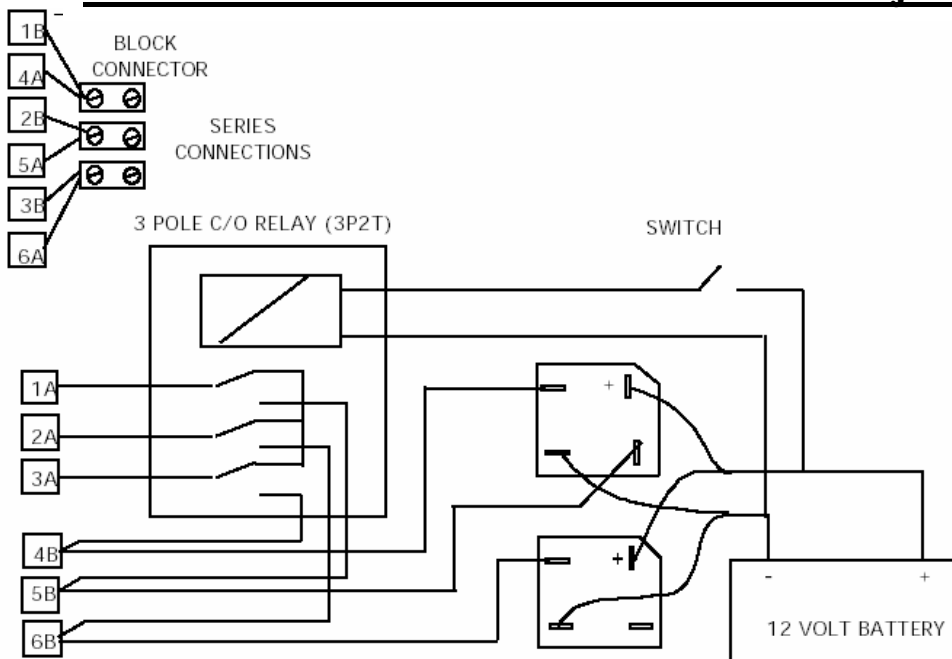
## 47. Delta forbindelse



Delta forbindelser giver mere strøm med bedre effektivitet ved højere vindstyrker.

Det er også muligt at sætte relæ på (diagram 48), der skifter mellem stjerne og delta forbindelserne.

## 48. Anvendelse af et relæ til at skifte mellem stjerne



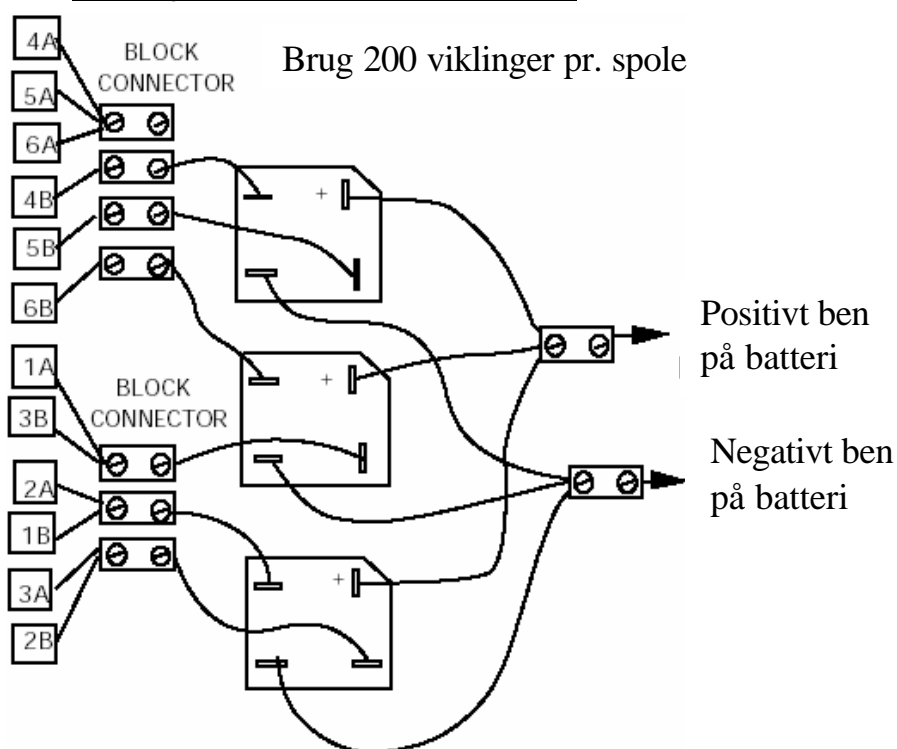
En anden mulighed for at forbinde statoren.

Mens dette dokument bliver skrevet, er den ovenstående opstilling (bruge et relæ) stadig under udvikling. Senere vil det være muligt at få et elektronisk kontrol kredsløb som skifter automatisk mellem stjerne og delta. Dette er meget komplekst og det kan derfor gå galt.

Hvis du ikke ønsker at skifte mellem forbindelserne ved lave og høje vindhastigheder, vil PMG'en stadig virke. Men effektiviteten vil være lidt mindre. Der er to muligheder:

- Hvis du forventer mest lave vindhastigheder, kan du bare bruge stjerne- forbindelsen, som vist i diagram 46.
- Hvis du også ønsker mere energi ved højere vindstyrker, kan du bruge 17AWG tråd (1,2mm i diameter) til at vikle spolen af og med 200 viklinger på hver. Så kan du forbinde en gruppe i delta og en gruppe i stjerne som vist i diagram 49. Vær opmærksom på at du så skal bruge 6 AC ben på brokoblingerne, dvs. du skal bruge 3 brokoblinger.

### **49. Stjerne/Delta forbindelse**



#### **Kabel størrelse PMG til Batteri**

Kablet fra PMG'en til batteriet kan enten være tre-faset AC eller DC. Hvis ensretteren er placeret ved vindmøllen, vil det være DC. Dette er en smule mere effektivt end 3-faset AC.

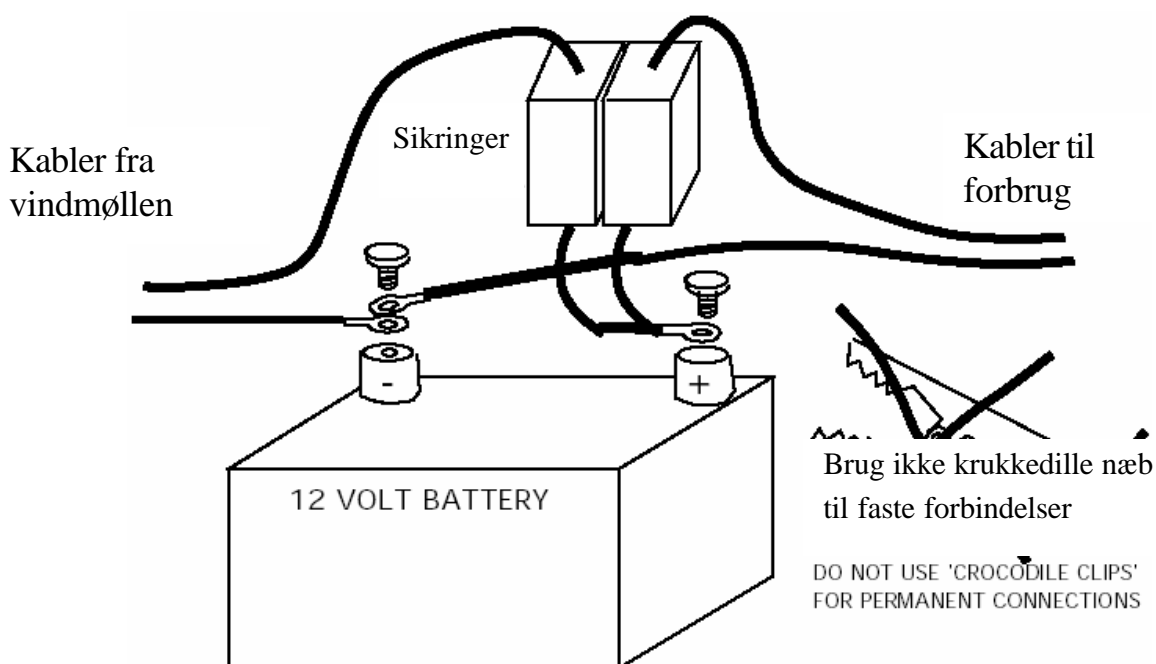
Ved 12 volt må kablet være tykt. Selv om der kun løber 15 ampere, er det bedst at bruge et tykt kabel. På en afstand på 20 meter anbefales det at bruge 6mm<sup>2</sup> (10AWG). Diameteren af hver kobbertråd er omkring 3mm. Ved 15 ampere vil kablet miste 15 % af effekten som varmetab. Hvis kablet er længere bør det være proportionelt tykkere.

### Elektrisk sikkerhed

Der er ingen fare for stød fra et 12 volt batteri. Men hvis vindgeneratoren tages fra batteriet og kører hurtigt, vil spændingen være højere end 12 volt, måske op til 50 volt. Anvend ikke PMG'en ved høj hastighed uden tilkoblet batteri.

Batteriet indeholder lagret elektrisk energi. Hvis en kort slutning opstår på ledningerne fra batteriet, vil energien udløses med meget høj strømstyrke. Kablet vil ophedes og brænde. Derfor er det nødvendigt at have en sikring eller afbryder på alle ledninger tilsluttet den positive terminal på batteriet. Brug en sikring på kablet til vindmøllen og en sikring på kablet til forbruget (lys eller andet). Se diagram 50.

### 50. Forbindelserne til batteriet



Batteri syre er farligt for tøj og hud. Spild det ikke. Pas specielt på øjnene. Hvis der sker et uheld, skyl øjet med masser af vand.

Batterier producerer brint, der er meget eksplosivt. Pas på gnister i nærheden af batteriet, det kan eksplodere eller sprøjte syre i øjnene.

## Opladning af batteri

Bly batterier skal holdes i en opladet tilstand. I et vinddrevet system, kan du komme til at vente på vind, som kan oplade batteriet. Men pas på ikke at aflade batteriet for langt ned eller lade batteriet forblive i afladet tilstand for længe, ellers bliver det ødelagt og kan ikke bruges mere. Stop med at aflade batteriet inden det er helt afladt. Hvis der er problemer med vindgeneratoren, så oplad batteriet fra en anden kilde, inden for to uger.

Hvis et batteri lades for hårdt, kan det også tage skade. I starten, når batteriet er afladt, er det i orden at bruge høj strømstyrke, men senere skal strømmen mindskes ellers vil batteriet overophedes og pladerne tager skade. Den bedste måde at oplade et batteri på er ved at bruge en lille strøm over lang tid.

Hold øje med batterispændingen. Hvis spændingen falder under 11,5 volt er batteriet afladt for meget. Hvis spændingen er over 14 volt er ladestrømmen for stor. Hvis du ikke har et voltmeter, så kig på lyset fra en pære og følg disse regler:

- Svagt lys, det vil sige lav spænding på batteriet. Brug mindre strøm!
- Kraftigt lys, for meget vindenergi. Brug mere strøm!

En god måde at bruge mere strøm på, er at oplade flere batterier i blæsevejr, måske oplade batterier fra naboer.

Der findes nogle simple elektroniske kredsløb, som kan regulere batterispændingen automatisk. De kaldes "Lav spændings afbrydere" og "Shunt Regulatorer". Hvis en bruger ikke har mulighed for at holde øje med batterispændingen, så er disse afbrydere og regulatorer nødvendige.

## **8. Yderligere information**

### Brug af polyester harpiks

Polyester er plastik substansen i glasfiberproduktion af både, bildele, osv. Forskellige ting bliver tilføjet for at forbedre dens evner til forskellige formål. Tal med din forhandler og forklar hvad du skal bruge harpiksen til. Din forhandler burde kunne hjælpe dig.

### Hærder

Der bruges to systemer til at hærde polyester harpiks og hvert system bruger to kemikalier. Til harpiks støbning og de fleste glasfiberprodukter bruges peroxid og kobolt.

Kobolt er en lilla væske. Bed forhandleren om at blande den rette mængde i harpiksen. Efter det er blandet skal det opbevares i et mørkt rum, ellers vil det hærde.

Peroxid er et farligt kemikalie. Undgå kontakt med huden. Opbevar det i en PVC beholder i mørke og ved under 25 grader. Bland det aldrig med kobolt (undtagen med den kobolt der allerede er i harpiksen) ellers risikere det at eksplodere. Bland meget små mængder (ca. 1-2 %) i harpiksen, ellers bliver det meget varmt.

#### Voksfri harpiks "B"

Denne type harpiks bruges mest til både og bør ikke anvendes til PMG'en.

#### Thixotropic additiv

Et specielt pulver som ofte er tilføjet harpiksen for at gøre den tykkere. Dette pulver er ikke nødvendigt til støbning, men hvis det allerede er tilføjet gør det ingen skade.

#### Styren monomér

Cirka 35 % af harpiksen er normalt styren monomér. Det bruges for at fortynde harpiksen. Det giver også lugten. Det er muligt at tilføje lidt mere styren monomér (10 %) for at fortynde den.

#### Pigment

Pigment bruges til at farve støbemassen, hvis man ønsker det. Tilføj pigmentet til det yderste lag på støbningen. Tilføj ikke mere end 10 % til støbemassen.

#### Glasfiber

Harpiksen har næsten ingen styrke uden glasfiber. Den er tilgængelig i måtter (CSM). Det kan være muligt at købe klippede stykker lige til at blande i harpiksen. Dette kunne fint bruges til rotor-støbningen. Tilføj lidt harpiks til glasfiber, tryk luftboblerne ud og tilføj mere harpiks.

#### Talkum pulver

Talkum pulver er billigt fyld som kan blandes i harpiksen efter af peroxiden er tilføjet. Det gør harpiks massen meget billigere og lidt tykkere. Harpiks kan blandes med op til den dobbelte mængde talkum. Pulveret hjælper også med at nedsætte varmen i større støbninger.



Malede forme anvendt i Peru

### Forberedelse af støbeform:

#### Polyurethan lak

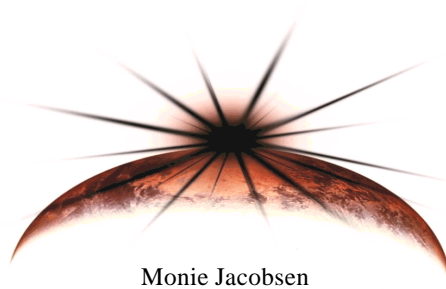
Normal maling bør ikke bruges på formene. Helst ingenting. Hvis muligt, brug polyurethan lak. Dette vil forhindre fugt trænge ud fra en form lavet af træ, cement eller ler. Slib lakken af med sandpapir inden den vokses.

#### Voks

Voks formen flere gange inden den bruges første gang. Gnid alt polervoksen af med en klud og lad formen ligge nogle timer og gør det igen. Brug ikke silicone voks da dette ikke forenlig eller kompatibel med PVA slipmiddel.

#### PVA slipmiddel.

Formen overmales med midlet som man lader tørre. Det letter fjernelse af støbningen fra formen.



Monie Jacobsen

Hjemmeside for Vedvarende Energikilder  
Assensvej 127, DK- 5771 Stenstrup

Web: [www.sunwind.dk](http://www.sunwind.dk) E-mail: [energy@sunwind.dk](mailto:energy@sunwind.dk)