

Instructions de Montage

„*Torcman eco 280-xx*“
„*Torcman eco 350-xx*“
„*Torcman eco 430-xx*“

Auteurs:

Jochen Zaiser
jochen@torcman.de

Peter Rother
peter@torcman.de

Distributeur:

Klaus Kraft Electronic
Oberberghofstrasse 61
89134 Blaustein
Tel. 07304 / 9610-20
info@torcman.de



La présente instruction de montage ne doit être utilisée qu'avec des produits TORCMAN.

Tout droits réservés. Il est interdit de reproduire, de modifier, de transformer, de multiplier ou de distribuer tout ou partie des présentes, sous quelque forme que ce soit, sans l'autorisation écrite de l'éditeur.



Informations importantes en préambule - A lire absolument!!!

La présente instruction est censée décrire, pas à pas, la construction d'un moteur brushless à stator tournant du type " *TORCMAN* eco". Elle permet au modéliste même moins aguerri de construire un moteur qui se distingue par son grand rendement et par sa longue durée de vie. Pour la réalisation personnelle, nous supposons comme prémisses un bon équipement en outils, un peu d'adresse artisanale, de même que de la patience et de la joie au travail. Nous recommandons au néophyte en matière de construction de moteurs de se conformer strictement à la suite des instructions et de ne pas omettre la moindre étape. Le constructeur expérimenté peut évidemment improviser ou améliorer à des endroits où il le juge nécessaire ou indiqué. Nous mettons cependant en garde de se laisser aller au "délire et à l'obsession du poids" dans le but de mettre en jeu la robustesse et la fiabilité de la propulsion rien que pour économiser quelques grammes. Toutes les pièces ont été dessinées et conçues avec un système moderne 3D CAD et optimisées par de nombreux tests pratiques se succédant en plusieurs étapes. Des modifications ultérieures - que vous penseriez devoir effectuer - n'apportent rien dans la plupart des cas.

Les travaux mettant en œuvre de la colle cyano ou des solvants ne doivent être effectués que dans des pièces bien aérées!

Si vous vous intéressez à des détails supplémentaires relatifs au principe de fonctionnement du moteur, à ses caractéristiques et ses avantages, vous pouvez consulter le site web *TORCMAN* (<http://www.torcman.de>) de même que les pages LRK de Peter Rother (<http://www.torcman.de/peterslrk/index.html>) où vous trouverez toutes sortes d'informations sur ce sujet. Si vous n'avez pas trouvé toutes les réponses souhaitées, le team *TORCMAN* se met volontiers à votre disposition. Veuillez adresser vos questions de préférence par e-mail à l'une des adresses indiquées ci-dessus: vous recevrez le plus rapidement possible une assistance qualifiée.

Nous vous aidons également lorsqu'il s'agit de calculer le meilleur bobinage.

Les moteurs décrits ont été développés spécialement pour être utilisés dans des planeurs ou avions électriques; ils peuvent cependant être implantés également dans des modèles de bateau ou d'auto. L'application de ces moteurs dans des hélicoptères électriques se répand de plus en plus. Nous déconseillons toutefois d'envisager des applications différentes sans avoir consulté la firme *TORCMAN* au préalable.

Grâce à l'utilisation des matériaux les plus modernes et en raison du principe de construction totalement novateur se trouve ainsi réalisé un moteur à très haut rendement dont l'utilisation, ensemble avec une hélice, renferme néanmoins un danger pour celui qui le met en œuvre ou pour des personnes se trouvant à proximité. Il est nécessaire de respecter les dispositions de sécurité usuelles afin d'éviter des accidents. A aucun moment, des personnes ne doivent se trouver à côté (dans le plan horizontal) ou devant une hélice en mouvement.

Etant donné qu'il s'agit ici d'un moteur que l'acheteur doit construire personnellement, le distributeur ne saurait être tenu de réparer quelque préjudice que ce soit. Le constructeur du moteur est lui-même responsable de son produit.

Des pièces défectueuses par suite d'un défaut matériel sont remplacées par nos soins, gratuitement, pendant le délai de garantie légal.

Tous les composants des moteurs sont évidemment disponibles comme pièces de rechange. Veuillez n'utiliser lors du remplacement que des pièces originales de la firme *TORCMAN*.



Table des matières:

1. Listes du matériel et des outils nécessaires	Page 4
2. Le stator	Page 5
2.1 Calcul du nombre de spires, du diamètre du fil et de sa longueur	Page 5
2.2 Préparatifs avant le bobinage	Page 8
2.3 Réalisation du bobinage	Page 9
3. Le Rotor	Page 14
3.1 Collage des aimants et du rotor	Page 14
3.2 Colmatage des interstices entre aimants	Page 16
3.3 Assemblage stator - rotor	Page 17
4. "Premiers pas" - Premier essai	Page 18
5. Conseils pour l'installation et exemples d'application	Page 19
5.1 Montage à l'intérieur d'un fuselage	Page 19
5.2 Montage extérieur	Page 20
6. Dessin éclaté / Pièces de rechange / Dimensions	Page 21
Annexe 1: Tableau des puissances avec hélices Aeronaut CamCarbon	Page 22
Annexe 2: Procès-verbal de bobinage	Page 23



1. Liste de contrôle du matériel nécessaire et des outils

Liste 1 - Est-ce que tout le matériel nécessaire au montage est disponible?

- kit 5 pièces éléments de tournage (flasque, coussinet du stator, coussinet pour le roulement, cage magnétique, flasque d'entraînement)
- bloc du stator de la longueur donnée et comportant l'alésage respectif, avec 2 isolateurs
- pour le côté extérieur du stator
- matériel d'isolation pour les rainures (gorges) du stator (papier isolant résistant à la température jusqu'à 150 degrés ou pellicule en kapton auto-adhésive)
- 14 aimants de dimensions adaptées (resp. 10/20 aimants pour la version 10 pôles)
- 2 roulements à billes (taille suivant modèle)
- axe trempé avec ajustement h6 sinon g6 (diamètre et longueur suivant modèle)
- vis (3 vis à goujon sans tête (six pans) pour l'axe, 2 vis à tête conique pour le flasque avant)
- colle cyanacrylate, Uhu-Plus Endfest 300, ruban textile (non compris dans le kit)
- colle Epoxy et microballoons pour le jointoyage des rainures (non compris dans le kit)
- gaine thermo-rétractable ou gaine d'isolation en verre tissé (Siliconne)
- fil en cuivre émaillé (résistant jusqu'à 150°) - pour le diamètre voir les formules de calcul

Liste 2 - Est-ce que tous les outils nécessaires et les pièces auxiliaires sont disponibles?

- étau
- pied à coulisse
- gants en cuir (gants de jardin) ou bâton en bois rond avec ouverture transversale pour le bobinage
- couteau aiguisé pour dénuder le fil
- pince coupante diagonale / pince / petits ciseaux (ciseaux pour les ongles)
- clé à fourche, ou mieux, noix avec ouverture SW11 (TM280), SW13/17 (TM350), SW21 (TM430)
- clé mâle coudée pour vis à six pans creux (inbus) pour vis à goujons sans tête (ouverture 1,5/2)
- clé TORX T8 (TM280), T10 (TM350), T15 (TM430),
- pour la gaine thermo-rétractable: appareil à air chaud (utilisé pour l'entoilage) ou briquet
- fer à souder (min. 40W) + fil à souder
- voltmètre universel ou contrôleur de continuité (à la rigueur: batterie (accu) et micro-ampoule / vibreur sonore)
- petite pièce en Epoxy de 1,5 mm d'épaisseur pour bourrer et enfoncer le fil
- papier abrasif (grain 150-220) pour rendre rugueux les endroits devant recevoir de la colle

Remarque importante:

Nous recommandons **INSTAMMENT** de lire les instructions suivantes, avant le début des travaux, et de les étudier à fond. Beaucoup d'indications et de conseils ne ressortent pas tout de suite des illustrations et risquent de mener à des résultats insatisfaisants ou à une perte de temps dans l'éventualité où ils ne sont pas observés.

Par voie de conséquence: Forcez-vous à la lecture - vous ne le regretterez pas!!!



2. Le stator

2.1. Calcul du nombre de spires, du diamètre et de la longueur du fil

C'est ici au plus tard que vous devez décider de la manière dont le moteur doit être utilisé ultérieurement. En évaluant et en fixant différents paramètres comme le nombre et le genre d'éléments, la puissance maximale appliquée, l'hélice utilisée, le nombre de rotations, le temps moteur souhaité, etc., il est possible de calculer avec suffisamment de précision le bobinage optimal. Afin d'obtenir le taux de rendement le plus élevé, on doit essayer d'une façon générale d'introduire un maximum de cuivre dans les ailettes (dents) du stator et de réduire la résistance électrique du bobinage au maximum, c.-à-d. d'utiliser le diamètre de fil le plus gros possible. Toutefois, ces deux exigences se contredisent dans beaucoup de cas, de sorte qu'il tombe sous le sens de bobiner plusieurs fils en même temps et en parallèle. Cela permet la production de diamètres supérieurs tout en utilisant des fils plus minces et plus flexibles. Nous recommandons au "néophyte en bobinage" de ne pas utiliser de diamètre de fil supérieur à 0,8 mm pour le TM280, 1 mm pour le TM350 et 1,1 mm pour le TM430 et de ne bobiner pas plus de 2 fils en parallèle. Même pour le début, il s'agit là d'un challenge déjà suffisant.

Vous trouverez sur le CD joint au kit un programme de calcul Excel d'une précision d'environ 1%; sinon, ce programme peut être téléchargé du site *TORCMAN* <http://www.torcman.de>. L'utilisation est expliquée dans le programme lui-même. Comme lors de la commande du kit le diamètre du fil devrait déjà être connu, la firme *TORCMAN* offre également à ses clients un service gratuit qui consiste à effectuer le calcul.

Néanmoins, les formules suivantes permettent de calculer rapidement, à l'aide d'une petite calculatrice et sans connaissances théoriques, ni ordinateur, la configuration du bobinage pour le moteur que vous désirez. A cette fin, il a dû être procédé à plusieurs simplifications qui réduisent la précision du résultat à environ 10%. Toutefois, des divergences de cet ordre se laissent compenser sans problème par l'adaptation de l'hélice.

En règle générale, l'approximation suivante peut être retenue en ce qui concerne la puissance nécessaire: 75-125 W par kilogramme pour les planeurs électriques, 150-250 W par kilogramme pour les avions et planeurs rapides (hotliner).

Représentation paramétrique:

Z - nombre d'éléments NiCd ou NIMH

P - puissance souhaitée en watt

n - rotation de l'hélice (nombre de tours par minute, à ressortir du graphique Aeronaut en annexe)

H - longueur du stator en mm

D - diamètre du stator en mm

Les valeurs colorées se rapportent, à titre d'exemple, à un TM350-20 avec **Z** = 10, **P** = 400 W, **n** = 6550 tours/min pour hélice 14x8 (voir graphique), **H** = 20 mm, **D** = 35 mm

Nous cherchons:

N - nombre de spires par ailette (dent) dans un système triangulaire avec des bobines connectées en série se trouvant l'une en face de l'autre (il s'agit, en l'occurrence, de la technique de bobinage la plus utilisée dans le cas des moteurs LRK. L'avantage consiste dans la régularité du courant dans les bobines et dans un nombre réduit de points de soudure dans le bobinage.)



Façon de procéder:

Se référer au graphique Aeronaut dans les annexes pour choisir une hélice plus ou moins adaptée au modèle (prendre en considération la vitesse de vol, le diamètre du fuselage, la garde au sol, etc.) et rechercher le régime de rotation **n** fournissant la puissance souhaitée **P**.

1. Calcul du courant de régime

$$I = P / (Z * 1,05) \quad \text{Exemple: } I = 400 / (10 * 1,05) = 38 \text{ A (dans le cas d'éléments triés et boostés utiliser le facteur 1,10)}$$

2. Calcul de la force électromagnétique (FEM) - tension du moteur

$$U_{fem} = Z * 1,26 - I * (Z * 0,006 + 0,03) \quad \text{Exemple: } U_{fem} = 10 * 1,26 - 38 * (10 * 0,006 + 0,03) = 9,18 \text{ V}$$

3. Calcul du nombre de rotations par volt

$$ns = n / U_{fem} + I * 4900 / D^2 \quad \text{Exemple: } ns = 6550 / 9,18 + (38 * 4900 / 352) = 865 \text{ t/min}$$

4. Calcul du nombre de spires par ailette (variateurs Jeti et Hacker)

$$\text{Pour TM230: } N = 270000 / (H * ns)$$

$$\text{Pour TM350: } N = 220000 / (H * ns) \quad \text{Exemple: } N = 220000 / (20 * 865) = 12,7 \sim 13 \text{ spires par ailette}$$

$$\text{Pour TM430: } N = 163000 / (H * ns)$$

Prière de noter:

Dans le cas d'un variateur Actro, le nombre de spires doit être réduit de l'ordre de 8%!

5. Calcul de la section transversale A

$$\text{Pour TM280: } A = 9 / N$$

$$\text{Pour TM350: } A = 14 / N \quad \text{Exemple: } A = 14 / 13 = 1,07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pour TM430: } A = 25 / N$$

6. Calcul du diamètre (calibre) D

avec un fil simple:

$$D = 1,13 * \sqrt{A} \quad \text{Exemple: } D = 1,13 * \sqrt{1,07} = 1,16 \text{ mm} \sim 1,2 \text{ mm}$$

avec 2 fils parallèles:

$$D = 0,8 * \sqrt{A} \quad \text{Exemple: } D = 0,8 * \sqrt{1,07} = 0,83 \text{ mm} \sim 0,85 \text{ mm}$$

Dans l'exemple ci-dessus, le moteur doit donc être bobiné en 13 spires avec un fil simple de 1,2 mm ou deux fils de 0,85 mm, ceci pour obtenir la puissance désirée compte tenu des paramètres définis plus haut. Etant donné qu'il est cependant difficile de mettre en place un fil de 1,2 mm avec les tôles garnissant le moteur 350 sans que les tôles du stator ne soient endommagées, le bobinage en parallèle, avec 2 fils, se recommande. En théorie, plusieurs fils encore plus minces pourraient également être bobinés en parallèle, mais dans cette configuration, le degré de remplissage des rainures se détériore et une mise en place correcte du bobinage devient presque impossible.



Tableau récapitulant le nombre maximal de spires (tel que cela se dégage de la pratique):

stator/fil	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0	1.1	1.25	1.4
TM280	44	36	32	28	24	20	16	12	-	-	-	-
TM350	50	44	36	32	28	26	24	22	20	18	12	-
TM430		-	-	40	36	34	32	30	28	24	20	18

Dans le cas d'un bobinage parallèle, le nombre de spires maximal doit être divisé par deux!

Détermination de la longueur de fil L nécessaire par spire (= 2 ailettes), compte tenu d'une longueur de raccordement de 100 mm

H_g = hauteur du pack stator (= H + 2 mm)

N = nombre de tours par ailette

TM280: $L = N * (4 * H_g + 18) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

TM350: $L = N * (4 * H_g + 24) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

TM430: $L = N * (4 * H_g + 28) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

Dans l'exemple ci-dessus ($H_g = 22$ mm, N = 13 spires) on aboutit à une longueur de fil de:

$L = 13 * (4 * 22 \text{ mm} + 24 \text{ mm}) + 200 \text{ mm} = 1656 \text{ mm}$,

mais s'agissant d'un bobinage parallèle:

$1656 \text{ mm} * 2 = 3312 \text{ mm}$.

Il s'impose de prévoir une marge de sécurité et d'arrondir à 3,5 m. En tout $3 * 3,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$ de fil cuivre d'un diamètre de 0,85 mm sont nécessaires. Si le diamètre recherché ne devait pas être disponible, il faut arrondir jusqu'à la prochaine valeur supérieure ou inférieure.

Section transversale carrée et résistance dans le cas d'un bobinage en parallèle simple à quadruple								
diamètre nominal du fil cuivre nu	section transversale	résistance [milliohm/m]	Ax2 [mm ²]	résistance [milliohm/m]	Ax3 [mm ²]	résistance [milliohm/m]	Ax4 [mm ²]	résistance [milliohm/m]
0.30	0.071	247.57	0.141	123.79	0.212	82.52	0.28	61.89
0.35	0.096	181.89	0.192	90.95	0.289	60.63	0.38	45.47
0.40	0.126	139.26	0.251	69.63	0.377	46.42	0.50	34.82
0.45	0.159	110.03	0.318	55.02	0.477	36.68	0.64	27.51
0.50	0.196	89.13	0.393	44.56	0.589	29.71	0.79	22.28
0.55	0.238	73.66	0.475	36.83	0.713	24.55	0.95	18.41
0.60	0.283	61.89	0.565	30.95	0.848	20.63	1.13	15.47
0.65	0.332	52.74	0.664	26.37	0.995	17.58	1.33	13.18
0.70	0.385	45.47	0.770	22.74	1.155	15.16	1.54	11.37
0.75	0.442	39.61	0.884	19.81	1.325	13.20	1.77	9.90
0.80	0.503	34.82	1.005	17.41	1.508	11.61	2.01	8.70
0.85	0.567	30.84	1.135	15.42	1.702	10.28	2.27	7.71
0.90	0.636	27.51	1.272	13.75	1.909	9.17	2.54	6.88
0.95	0.709	24.69	1.418	12.34	2.126	8.23	2.84	6.17
1.00	0.785	22.28	1.571	11.14	2.356	7.43	3.14	5.57
1.05	0.866	20.21	1.732	10.11	2.598	6.74	3.46	5.05
1.10	0.950	18.41	1.901	9.21	2.851	6.14	3.80	4.60
1.15	1.039	16.85	2.077	8.42	3.116	5.62	4.15	4.21
1.20	1.131	15.47	2.262	7.74	3.393	5.16	4.52	3.87
1.25	1.227	14.26	2.454	7.13	3.682	4.75	4.91	3.57
1.30	1.327	13.18	2.655	6.59	3.982	4.39	5.31	3.30
1.35	1.431	12.23	2.863	6.11	4.294	4.08	5.73	3.06
1.40	1.539	11.37	3.079	5.68	4.618	3.79	6.16	2.84
1.45	1.651	10.60	3.303	5.30	4.954	3.53	6.61	2.65
1.50	1.767	9.90	3.534	4.95	5.301	3.30	7.07	2.48

2.2. Préparation du bobinage:

Les six pôles à bobiner (en fait chaque deuxième) sont à marquer avec un feutre résistant à l'eau (1/3/5/7/9/11) - cf. schéma de bobinage. Ensuite, la douille du stator est introduite dans le bloc du stator et vissée au coussinet. A cette fin, immobiliser prudemment la douille dans un étau en la serrant au collet. Pour protéger la douille du stator, recouvrir les joues de l'étau avec du ruban adhésif ou similaire. Bien serrer avec une petite clé anglaise (clé à fourche), ou mieux, avec une douille adaptée (outil): le bloc du stator ne doit plus se laisser tourner à l'égard de la douille du stator.



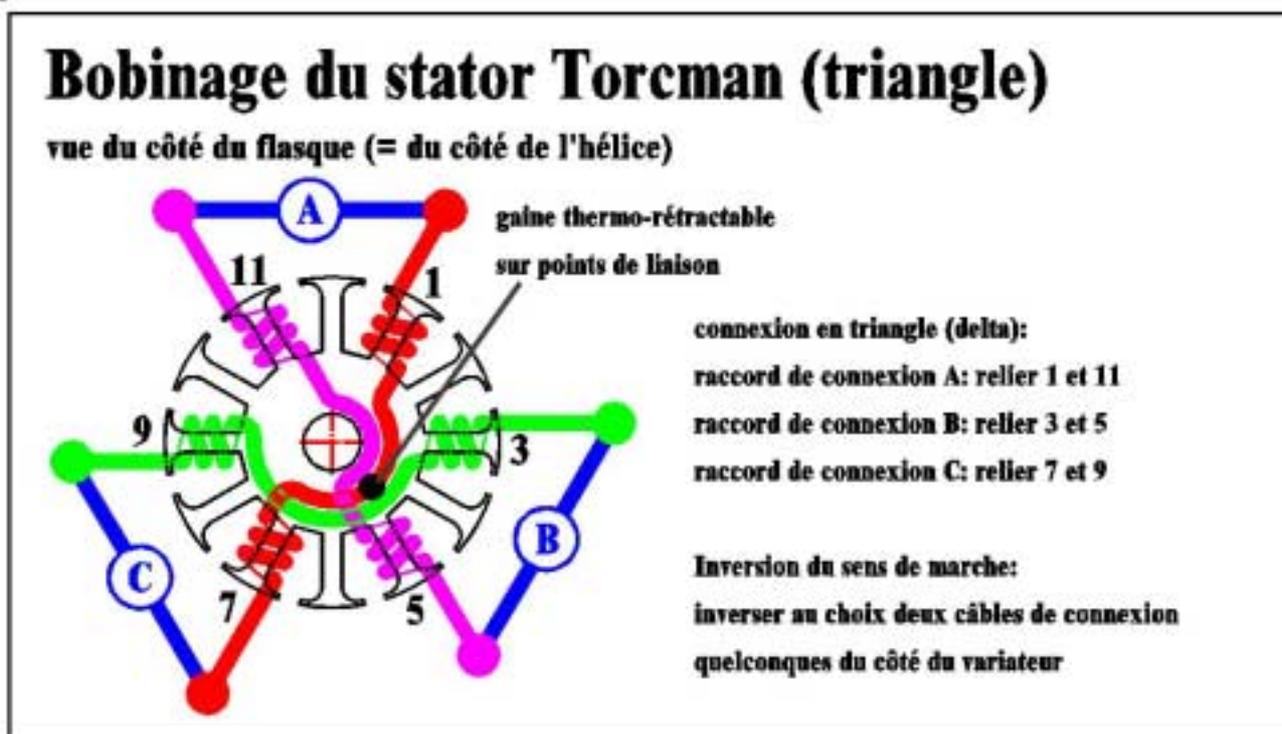
Avant le début du bobinage, il faut encore couper des inserts isolants pour les rainures du stator. Nous recommandons d'utiliser le papier d'isolation résistant à la chaleur livré avec le kit (0,1-0,25 mm épaisseur). La dimension de coupe dépend du diamètre du stator et de sa longueur:

longueur x largeur = (longueur brute du stator + 2 mm) x 24 mm pour TM280 (p.ex. 13 X 24 mm pour TM280-10)

longueur x largeur = (longueur brute du stator + 2 mm) x 28 mm pour TM350 (p.ex. 16 X 28 mm pour TM350-12)

longueur x largeur = (longueur brute du stator + 2 mm) x 32 mm pour TM430 (p.ex. 34 X 32 mm pour TM430-40)

Schéma de bobinage pour connexion en triangle (connexion en delta)
(les points de liaison des paires bobinées se trouvent du côté frontal):



2.3. Application du bobinage:

Dans la suite, nous décrivons un bobinage avec 2 fils parallèles. Si vous avez opté pour un bobinage simple, vous pouvez passer immédiatement à l'étape suivante. Tout d'abord, les trois morceaux de fil nécessaires doivent être coupés à la longueur que vous avez calculée. Sur toute sa longueur, le fil doit être dépourvu d'encoches ou de plis; le lisser si nécessaire. Vérifier ensuite les trois morceaux de fil une nouvelle fois quant à leur longueur égale, et couper une nouvelle fois si nécessaire. Dénuder chaque fil à ses extrémités sur une longueur d'environ 20 mm (avec un couteau bien aiguisé) et torsader les bouts de fil entre eux (2 à 3 torsions), puis plier le fil en son milieu. Ainsi le fil parallèle nécessaire est déjà fabriqué.



Ce double-fil doit être marqué exactement en son milieu avec un feutre résistant à l'eau et une gaine thermo-rétractable (aussi mince que possible) doit y être fixée (14/20/25 mm) (TM280/350/430). Au lieu de la gaine thermo-rétractable, une gaine d'isolation renforcée peut également être utilisée; sa position doit être fixée avec une goutte de colle cyanacrylate.

Il existe beaucoup de philosophies et de possibilités pour le bobinage. Nous ne décrivons ici que la façon de procéder qui, après de nombreux essais et échecs, s'est révélée comme la plus simple et la plus sûre. Néanmoins ne devrait-on pas être trop avare lors de l'achat du fil - très vraisemblablement, l'une ou l'autre spire doit être refaite une ou plusieurs fois jusqu'à obtenir le résultat souhaité.

Il est recommandé de s'imprimer le procès-verbal de bobinage se trouvant à l'annexe et de l'utiliser. Ce procès-verbal est également très avantageux dès lors que l'on envisage d'autres projets.

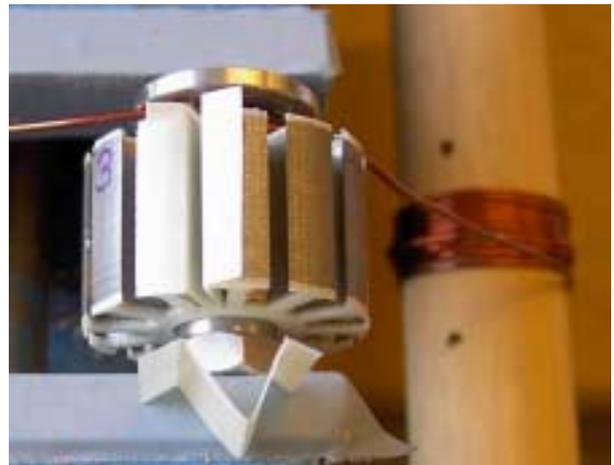
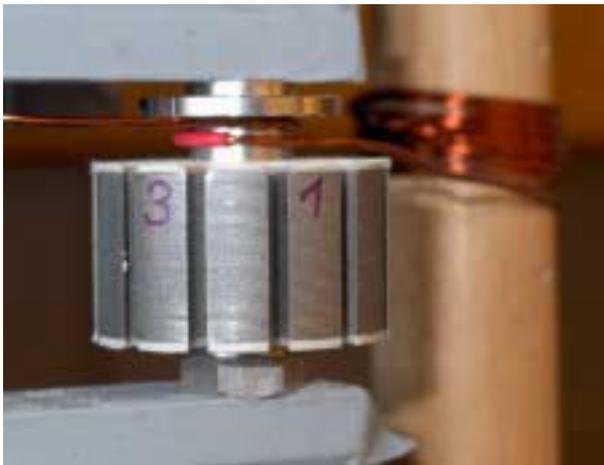
La succession dans le bobinage est la suivante: ailette 1/7 - 3/9 - 5/11. Il est toujours procédé du milieu du fil (marque/gaine thermo-rétractable) vers l'extérieur. Ceci présente l'avantage (théorique) qu'il ne faut compter que lors du bobinage de la première ailette, et qu'à l'ailette suivante, on peut se borner à n'enrouler que jusqu'au moment où la même longueur résiduelle est atteinte. Comme dans le cas du stator 350-20 une spire a une longueur moyenne d'environ 60 mm, des fautes résultant d'un nombre de tours inégal peuvent être exclues. A des fins de contrôle (et pour apaiser sa conscience) il n'est cependant pas mauvais de compter quand même les tours restants. Cela se fait de préférence à l'aide de la liste comportant les traits sur le procès-verbal de bobinage sur laquelle chaque tour est constaté par un trait de stylo. Il est indispensable de prendre son temps pour le bobinage et d'éliminer toutes influences perturbatrices telles qu'enfants, époux/épouses, radio, télévision,...qu'il faut couper ou occuper ailleurs.

Etant donné que, proportionnellement au diamètre du fil, de grandes forces de traction peuvent devenir nécessaires lors du bobinage, nous recommandons l'utilisation de gants de jardin ou, mieux encore, d'une baguette en bois dite "baguette de traction". Il s'agit, en l'occurrence, d'un bout de bois dur d'un diamètre de 15 à 25 mm, d'une longueur de 120 à 180 mm, avec une ouverture transversale au milieu. C'est sur cette baguette que le bobinage complet pour une ailette est enroulé, puis déroulé à nouveau, spire par spire. C'est ainsi que le maniement de fils longs est considérablement simplifié.

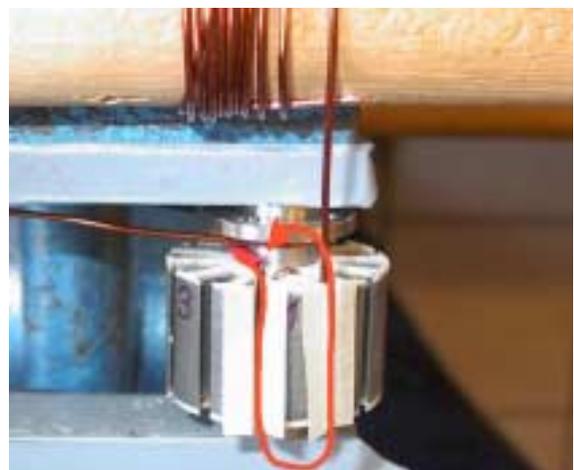
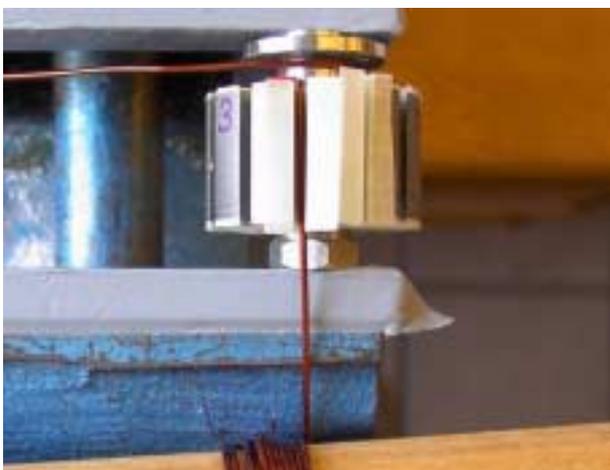


Pour commencer, le stator est fixé dans un étau du côté de la douille du stator (voir photos), les joues de l'étau étant protégées par du ruban adhésif, l'ailette 1 dégagée vers le haut. On prend alors le fil avec la marque du milieu (gaine rétractable), on le pose entre le stator et le flasque de la douille du stator et on l'enroule une fois autour de la douille du stator. La gaine rétractable doit se trouver très exactement entre les deux ailettes qui seront bobinées. Le bout provisoirement libre (spire destinée à l'ailette 7) doit être immobilisé à l'aide d'un serre-joint ou similaire pour empêcher qu'il ne dérape. Afin de déceler des courts-circuits entre fil et stator déjà pendant le bobinage et pour les éviter, il est recommandé de brancher un contrôleur de continuité comme un multimètre, un bruiteur ou une lampe avec batterie. L'un des contacts est attaché au bout libre, tandis que l'autre est fixé à la douille du stator. Ici, il est important d'enlever au préalable, aux deux bouts, la laque isolante qui entoure le fil de cuivre.

Le papier isolant doit être plié en V et introduit à gauche et à droite de chaque ailette .



Maintenant nous effectuons le premier tour. Le sens du bobinage doit être suivi selon le graphique et les photos. Si l'on commence à partir du milieu, toutes les ailettes (dents) sont bobinées dans le même sens (ici, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, toujours par référence à l'ailette se trouvant en haut et déjà enroulée). A la fin, tant l'entrée que la sortie du fil doivent se retrouver sur toutes les ailettes du même côté de chacune d'entre elles. Les spires doivent être appliquées les unes très près des autres et sans le moindre croisement ni chevauchement. Si nécessaire, presser le fil après chaque tour à l'aide d'une petite pièce en Epoxy ou en contre-plaqué contre l'ailette. Pour l'enroulement de la première dent, il est recommandé d'utiliser une liste (traits au stylo). Si le diamètre du fil est supérieur à 0,7 mm, il faut utiliser la baguette en bois qui permet d'exercer une traction sur le fil.

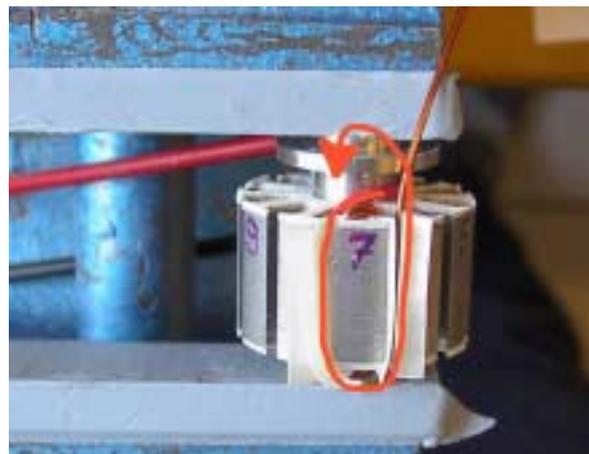




Avant d'effectuer l'avant-dernier ou l'antépénultième tour, l'extrémité du papier isolant, qui dépasse et porte à faux, doit être découpée à ras (rasoir) sur les deux ailettes voisines qui ne reçoivent pas de fil. Les deux bords intérieurs excédentaires sont raccourcis jusqu'à une largeur de 3-4 mm et glissés sous les rebords extérieurs. Le recouvrement de rainures qui en résulte peut être sécurisé encore par de la colle cyanacrylate. Enlever tout de suite tout excédent de colle.



Sortir maintenant le bloc du stator de l'étau et s'occuper de l'autre bout du fil qui était resté libre bien qu'immobilisé autour du collet. Le dérouler. Vérifier la position de la gaine rétractable qui sert de protection au pontage entre les deux ailettes du stator et, si nécessaire, corriger cette position.



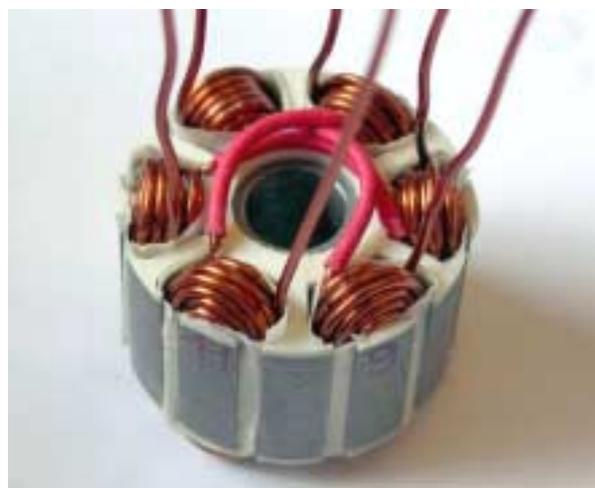
Remettre le stator à nouveau dans l'étau - cette fois-ci avec l'ailette d'en face n° 7 orientée vers le haut. Introduire l'isolation et amener le fil jusqu'à la deuxième ailette (n° 7) autour du collet du stator pour l'y faire passer. Bobiner la deuxième ailette dans le même sens que l'ailette n° 1.

Traiter par bobinage les dents 3/9 et 5/11 de la même manière jusqu'à ce que les fils de connexion restants atteignent plus ou moins la même longueur. Faire attention à ne pas endommager la gaine isolante des pontages et s'attacher à la disposer en économisant au maximum l'espace près du collet du stator. Lorsque toutes les spires sont apposées, il y a lieu de les contrôler une fois de plus quant à d'éventuels courts-circuits tant à l'égard du stator qu'à l'égard des autres spires, ceci avant de les fixer de façon définitive.

Si vous disposez d'un contrôleur d'inductivité avec une plage de mesure de 30 à 200 uH, les paires de bobines non encore reliées peuvent être contrôlées quant à leur nombre de spires équivalent, mais également quant à l'existence d'éventuels courts-circuits entre spires. Les trois valeurs trouvées ne doivent pas différer de plus de 4 %. Si tel n'est pas le cas, le bobinage comporte un défaut.

Enlever une nouvelle fois le collet du stator afin de pouvoir contrôler les pontages. Si tout est en bon ordre, les extrémités supérieures et inférieures des boudins de bobinage sont scellées avec quelques gouttes de colle Epoxy. Cela empêche des mouvements ultérieurs dans le bobinage et des courts-circuits qui en seraient la conséquence.

Lors du montage définitif du collet du stator, il faut faire en sorte que l'un des quatre trous taraudés du flasque se trouve bien en face de l'ailette n° 11. Cette disposition permettra ultérieurement de faire sortir aisément les câbles de connexion à travers le couvercle avant. Dans la connexion en triangle, les spires 1 et 11, 3 et 5, de même que 7 et 9 sont connectées entre elles et disposées de sorte que les trois prises du moteur sortent du même côté. 1/11 se trouve alors au milieu entre 3/5 et 7/9. Courber tous les fils, les couper à la longueur voulue et les protéger avec de la gaine rétractable ou du tissu Silionne. Aux endroits où les fils quittent l'habitacle, superposer deux couches de gaine rétractable (dans le cas de la Silionne, une seule couche devrait normalement suffire).



Il s'agit maintenant d'enfoncer les roulements dans le coussinet, d'un côté, et dans la douille du stator, de l'autre. Respecter le parallélisme et ne pas appliquer de pression sur l'anneau intérieur. La mise en place des roulements est aisée si on utilise un étau avec des joues protégées. S'il devait apparaître que les roulements n'ont pas suffisamment d'appui, ils doivent être fixés avec une quantité minimale de Loctite 648 (ou similaire), sinon avec de la colle cyano. Dans ce cas, les roulements doivent être délicatement enfoncés jusqu'à 30%, puis pourvus d'une toute petite quantité de colle appliquée au moyen d'une épingle. Enfoncer ensuite complètement le roulement avec un tissu qui absorbe la colle excédentaire et laisser durcir.



Dénuder avec soin toutes les extrémités des fils sur une longueur d'environ 10 mm, ceci au moyen d'un couteau aiguisé (gratter jusqu'à la disparition de la laque), puis étamer. Les fils qui font partie du même groupe doivent être torsadés et soudés. Courber ensuite les connexions ainsi obtenues jusqu'à ce qu'elles s'adaptent parfaitement aux ouvertures du couvercle avant dans lesquelles ils doivent passer. Fixer ensuite le couvercle avant avec les deux boulons à tête conique joints au kit.

Le stator est maintenant réalisé - et le travail le plus pénible terminé.

3. Le Rotor

3.1 Collage du rotor et des aimants

Le kit "Torcman eco" est conçu de manière que le collage des aimants puisse être effectué sans dispositif d'aide auxiliaire. La colle à utiliser pour les pièces du rotor et pour les aimants ne devrait être que celle du type Uhu Plus Endfest 300. Il est apparu, dans ce contexte, que la colle cyanacrylate et d'autres colles anaérobiques n'ont pas fait leurs preuves en raison de l'existence des fentes qu'ils n'arrivent pas à combler.

Attention! Les aimants doivent être traités avec soin et ne jamais être projetés ou claqués l'un contre l'autre ou contre d'autres objets magnétiques; en effet, ils sont frêles et cassants et se rompent facilement!!!



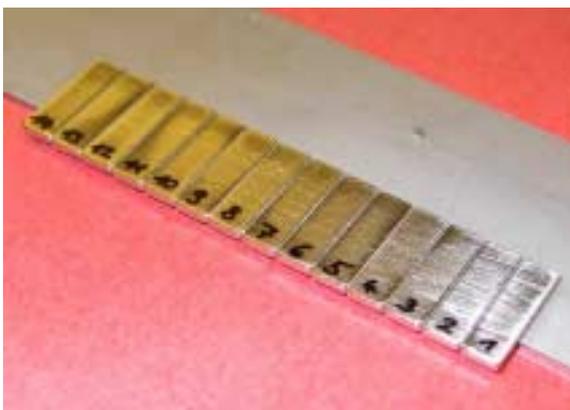
En premier lieu, les pièces à coller ensemble doivent être préparées. Bien poncer la cage magnétique (ou cloche) du côté intérieur avec un papier à grain; dégraisser à l'acétone ou à l'alcool isopropylique. Préparer de même le bourrelet intérieur (surface avec rainure en V) du flasque doré (qui fait fonction de plateau d'entraînement). Appliquer une couche mince de Uhu Plus sur le bourrelet (remplir la rainure) tout en laissant libres la dentelure et les espaces se trouvant entre les dents (!). Pousser la cage magnétique, tout en la tournant lentement, jusqu'à ce qu'elle touche entièrement le flasque. **Après cette opération, aucun reste de colle ne doit se retrouver entre**

les dents - l'enlever, le cas échéant. Laisser durcir ensuite les pièces collées. Cette opération peut être accélérée en chauffant les pièces dans un four (sur l'étage du milieu), la cloche se trouvant debout, flasque vers le bas, et ceci à une température de 50-70 degrés.

Ne poser en aucun cas la cloche sur le sol du four, car très souvent les températures y sont beaucoup plus élevées. Après une demi-heure, la procédure d'échauffement permet de poursuivre l'assemblage par le collage des aimants.

Aligner les 14 aimants sur une pièce en tôle droite et égale, de sorte qu'alternativement le Nord et le Sud des aimants se trouvent du même côté. Avec le dernier des aimants longer l'alignement et vérifier encore une fois que cet aimant est successivement attiré, puis repoussé.

Poncer ensuite avec du grain 150-220 la couche de nickel sur la face supérieure et dégraisser. Numéroté de 1 à 14 les aimants avec un feutre résistant à l'eau. Appliquer ensuite avec une spatule (ou avec le doigt) une mince couche également répartie de Uhu Plus (bien mélanger auparavant!!!)



Maintenant les aimants peuvent être introduits à l'intérieur du rotor dans l'ordre de 1 à 14. Vérifier encore au préalable qu'entre les rainures de positionnement du flasque il ne se trouve plus de reste de colle. Saisir de préférence les aimants avec une petite pince plate à l'un des bouts, introduire l'autre bout libre dans la rainure du flasque et rabattre prudemment l'aimant contre la cage. Presser l'aimant par le haut dans la rainure en appuyant avec force et vérifier qu'il est bien positionné dans la rainure (cela est important, car à défaut, l'aimant ne se trouve pas à angle droit!) Introduire les aimants les uns après les autres, sans laisser libre aucun des espaces, tout en conservant le même sens de progression dans le rotor. Etant donné que les aimants sont très puissants, ils doivent être bien agrippés avec la pince afin de ne pas s'attirer mutuellement. Une fois que tous les aimants ont été encastrés, enlever d'éventuels restes de colle sur la partie supérieure et sur les faces intérieures des aimants; vérifier une nouvelle fois la disposition générale. Ici encore, la prise de la colle peut être accélérée à l'intérieur d'un four au moyen d'une chaleur qui ne doit **en aucun cas dépasser 60 degrés** sur l'étage moyen pendant une durée d'environ 30 minutes (jamais en bas du four!!!). En effet, si les aimants sont exposés trop longtemps à de fortes températures, leur force d'attraction diminue sensiblement et le moteur restera en deçà de la puissance souhaitée.

Attention:

Certains fours n'arrivent pas à régler avec précision la température et produisent très souvent une chaleur supérieure à celle du réglage. Le mieux est de préchauffer le four à la température souhaitée, puis de l'éteindre avant de mettre les pièces. La chaleur rémanente suffit amplement à accélérer le durcissement de la colle.

3.2. Jointoyage des interstices entre aimants

Bien que l'opération suivante, à savoir le remplissage des interstices entre aimants, risque d'apparaître comme superflue à d'aucuns, elle a cependant fait ses preuves dans la pratique comme méthode très simple et efficace empêchant que les aimants ne se détachent.

Malheureusement, il existe encore sur le marché des variateurs qui, couplés à des moteurs LRK, perdent de temps en temps le rythme et s'arrêtent de façon abrupte. Si cela se passe sous forte charge, il peut arriver que la couche de nickel soit arrachée et qu'un aimant se détache. Le jointoyage des interstices avec de la colle Epoxy pourvue d'une charge empêche qu'un tel phénomène ne se produise, et ce sans augmentation de poids sensible.



A cet effet, il s'agit de mélanger une petite quantité (5-10 g) de colle Epoxy à laquelle il faut ajouter des microballoons (charge de remplissage) pour obtenir une masse visqueuse (comme de la crème chantilly). Ce qui est important, c'est que le mélange ne puisse plus couler! Appliquer la colle avec une spatule dans les interstices entre aimants, l'y enfoncer, tout en s'efforçant d'éviter la formation de bulles d'air. Enlever ensuite la colle excédentaire avec un bout de bois. Tremper un tissu dans de l'acétone ou dans du méthanol, nettoyer à nouveau les aimants et faire disparaître tous les restes d'Epoxy.



Une nouvelle fois, le durcissement peut se faire dans le four à 60 degrés au maximum, sinon pendant la nuit, selon le genre de colle ou de résine utilisée.

Après le durcissement de la colle, il reste à introduire l'axe qui doit être bien fixé, de façon égale, avec les 3 vis (goujons sans tête) livrées. Si l'axe oppose de la résistance, chauffer légèrement le flasque (plateau d'entraînement) avec un sèche-cheveux ou en le posant sur une plaque de cuisson (électrique!). Si vous avez l'intention d'utiliser votre moteur dans une plage de puissance élevée, il peut être recommandé de bloquer l'axe en outre avec du Loctite 601 ou 648 (à défaut: colle cyanacrylate), ou encore de pourvoir l'axe de petites encoches ou entailles à l'aide d'une perceuse munie d'une meule pour obtenir ainsi une fixation sûre.

Comme accessoires supplémentaires, nous offrons également des axes polis avec un collet (boudin) qui assurent une bonne fixation en butée. Leur application est toutefois réservée principalement aux applications à l'extérieur du fuselage (voir chapitre 5 "Conseils pour le montage").

3.3. Assemblage du stator et du rotor

Voici arrivé le grand moment: le rotor et le stator sont "réunis" - **mais prudence!!!** Lorsque l'on pousse le rotor avec l'axe par-devant à travers le roulement sur le stator, **ces deux pièces sont attirées et comprimées avec une force énorme.**

Le rotor ne doit alors **pas** tomber dans le stator, sinon le roulement risque d'être endommagé. En outre, le danger existe que les doigts se fassent pincer entre le flasque avant et la cage magnétique. Le mieux est de tenir le stator d'une main, aux tôles, et de faire avancer doucement le rotor avec l'autre main, en direction des doigts. Puis, on retire lentement les doigts et on laisse rentrer le rotor en douceur. Si tout s'adapte correctement, le rotor doit se laisser tourner sans le moindre frottement lorsqu'on tient le moteur d'une main au flasque avant.

Si on sent une résistance ou si on entend un bruit de frottement, le rotor et le bobinage doivent être vérifiés et les pièces faisant éventuellement saillie doivent être enlevées resp. repliées. Dans la plupart des cas, il peut s'agir des fines pointes des tôles du stator qui ont sans doute été quelque peu courbées lors du bobinage ou d'une spire, sinon d'une isolation qui dépasse et qui frotte.



4. "Premiers pas" - Premier essai

Si vous êtes arrivé jusqu'ici, il vous est évidemment difficile de vous retenir: la chose doit goûter au courant. Ici encore, il est raisonnable de procéder dans le calme et dans la sérénité. Pour le premier essai, il est judicieux soit d'implanter le moteur dans un modèle, soit de se confectionner un dispositif de fixation provisoire. Relier ensuite les trois câbles de connexion (alimentation) avec les câbles de sortie du variateur. Comme la vitesse de rotation de nos moteurs est limitée automatiquement par le variateur dès qu'ils y sont reliés, il n'existe pas le moindre danger de les utiliser également sans hélice. Aux fins d'exclure un endommagement du variateur, le premier essai devrait être effectué avec un accu presque vide. Malheureusement, la plupart des variateurs pour moteurs Brushless ne supportent pas d'être branchés à un bloc d'alimentation du secteur (220 V) fournissant un courant continu avec réduction de l'intensité, ce qui aurait constitué une manière de procéder plus élégante.

Suivant le genre du bobinage et le nombre d'éléments, il faut s'attendre, à pleine puissance, mais sans charge, à un courant à vide de l'ordre de 1 à 5 A.

Allumer d'abord l'émetteur, brancher ensuite le variateur et, dans le cas d'un variateur opto, brancher l'alimentation du récepteur. Suivant le type de variateur utilisé, la mise en service (setup/programmation) doit être faite en suivant le mode d'emploi de ce variateur.

Dans le cas de variateurs programmables comme le "Hacker Master", il est recommandé d'utiliser lors des premiers tests le timing (avance) échelon 3 (avance de 18 degrés) et une fréquence de commutation de 8 kHz. Plus tard, on pourra encore expérimenter avec l'échelon timing 4 et d'autres fréquences de commutation. Mais faire tourner son moteur sans avance peut conduire à une surchauffe du variateur ou du moteur.

Pousser ensuite lentement le manche du gaz sur l'émetteur. Si le moteur démarre sans problème, le nombre de tours peut être augmenté lentement jusqu'au maximum. Comme on procède en dehors de toute charge, ni le moteur, ni le variateur ne doivent produire la moindre chaleur. La rotation doit être silencieuse, sans vibration et sans bruit de frottement.

Si tel ne devait pas être le cas, arrêter le moteur, enlever l'accu, rechercher et faire disparaître l'origine du défaut. Si le moteur tourne dans le mauvais sens, il suffit d'invertir seulement deux des trois câbles de connexion reliant le variateur au moteur.

Si le variateur coupe rapidement, cela peut être dû à l'accu qui vient de se vider entièrement. Répéter alors par un deuxième essai toute la procédure en utilisant un accu partiellement rechargé. Si tout marche bien, on peut ensuite essayer de faire tourner le moteur sous charge, c.-à-d. avec une hélice. Vérifier auparavant que le dispositif de fixation laisse suffisamment d'espace à l'hélice, qui ne doit toucher ou frotter nulle part.



Si l'on veut connaître les caractéristiques exactes de son moteur, il est nécessaire de mesurer le courant, la tension et le nombre de tours. Si vous avez monté l'hélice avec laquelle vous comptez voler et si vous avez le nombre d'éléments que vous vous étiez fixé, il est facile de contrôler rapidement, par la mesure du nombre de tours, si le moteur travaille dans la plage de puissance souhaitée. Une appréciation de la puissance disponible sur l'axe et du taux de rendement requiert toutefois des mesures plus poussées sur un banc d'essai.

Si vous le souhaitez, nous pouvons mesurer

votre moteur dans le laboratoire *Torcman* et vous en communiquer les résultats, ceci à un prix forfaitaire.

5. Conseils pour le montage

5.1. Montage à l'intérieur d'un fuselage

La série des moteurs *Torcman* a été délibérément conçue pour l'implantation à l'intérieur d'un fuselage de modèle d'avion. A cette fin, un seul couple en contre-plaqué ou en Epoxy est nécessaire, qu'il faut percer aux endroits correspondants. Les positions des trous et leur écartement figurent dans le dessin et dans le tableau de la page suivante. En outre, parmi les accessoires *Torcman*, nous offrons des couples en Epoxy de différents diamètres.

Bien que les moteurs fonctionnant suivant le principe LRK possèdent un excellent taux de rendement, le bobinage s'échauffe lorsque le moteur travaille sous forte charge, ce qui rend un refroidissement nécessaire. Une bonne solution consiste à munir le couple moteur d'ouvertures disposées identiquement à celles dont est équipé le flasque avant, et encore de pratiquer des fentes latérales dans le fuselage. Le flasque avant peut servir ici de gabarit pour marquer, sinon même forer, les ouvertures.

Les points suivants doivent encore être observés:

- Les vis fixant le moteur ne doivent pas dépasser la profondeur d'insertion prescrite au risque de provoquer des courts-circuits avec le bobinage!!!
- Il importe de prévoir suffisamment de place pour les câbles, de manière qu'ils ne puissent pas frotter contre la cloche en rotation. Les câbles devraient être fixés et immobilisés à l'intérieur du fuselage.
- Dans le cas de fuselages élancés ou très minces, nous recommandons d'utiliser un kit de rallonge livrable parmi les accessoires *Torcman*.



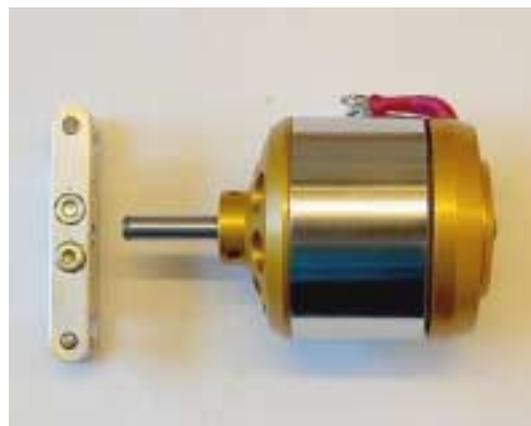
5.2. Montage à l'extérieur du fuselage

Après quelques modifications mineures, tous les moteurs de la série *Torcman* peuvent également être utilisés à l'extérieur du fuselage, p. ex. sur un bâti. Il suffit à cet effet d'enfoncer l'axe en direction du plateau d'entraînement et de le munir du côté du flasque avant d'un boudin ou d'un collet qui transmet la force de traction de l'hélice au roulement. Cette disposition ne s'impose pas dans l'éventualité où le moteur doit travailler en poussée. Le programme *Torcman* contient comme accessoires de tels axes, mais on peut s'aider également au moyen d'une bague de butée (bague d'arrêt) et d'un manchon en laiton (voir photo). Dans cette configuration, il faut cependant s'assurer que la bague de butée fait l'objet d'une fixation très solide - le mieux est de munir l'axe d'une encoche ou d'un méplat.

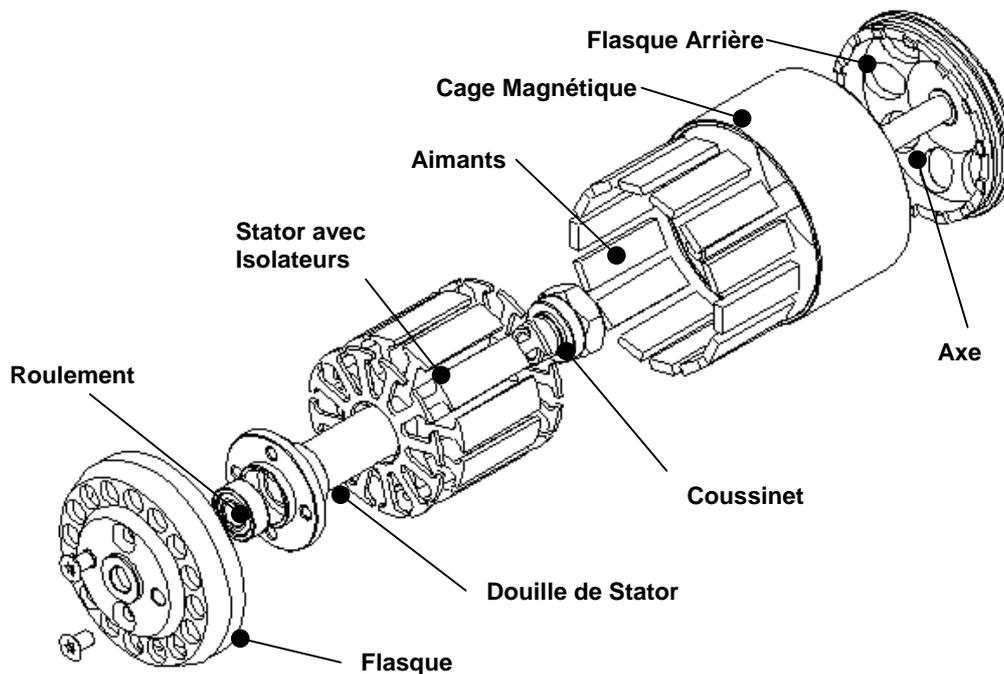
Ici encore, afin de faciliter l'évacuation de l'air chaud, le couple moteur devrait être muni de trous, disposés de la même façon que ceux se trouvant sur le flasque avant.

Les points suivants sont à observer:

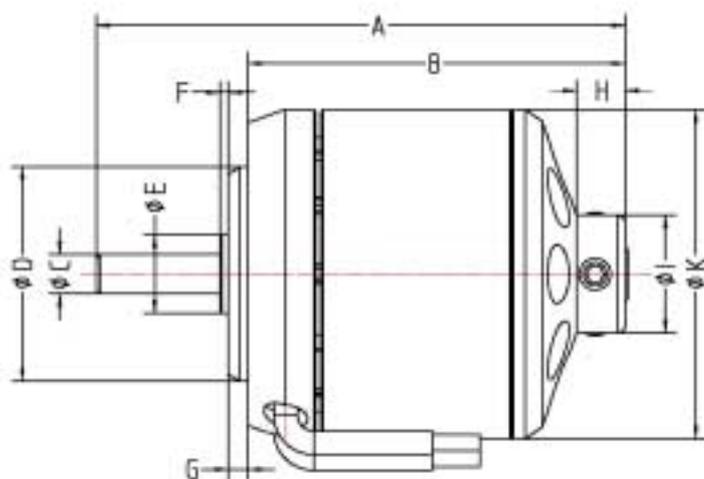
- Les vis fixant le moteur ne doivent pas dépasser la profondeur d'insertion prescrite au risque de provoquer des courts-circuits avec le bobinage!!!
- Le couple moteur doit être suffisamment solide, puisqu'il doit recevoir toute la masse du moteur et de l'hélice, qui se trouveront du même côté.
- Utiliser seulement des hélices bien équilibrées



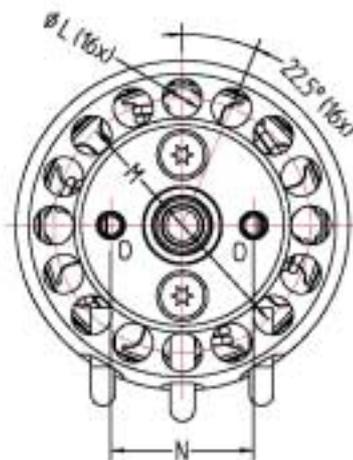
6. Dessin éclaté / Pièces détachées / Dimensions



Dimensions Torcman 280-xx/350-xx/430-xx



Profondeur maximale d'insertion des vis: P

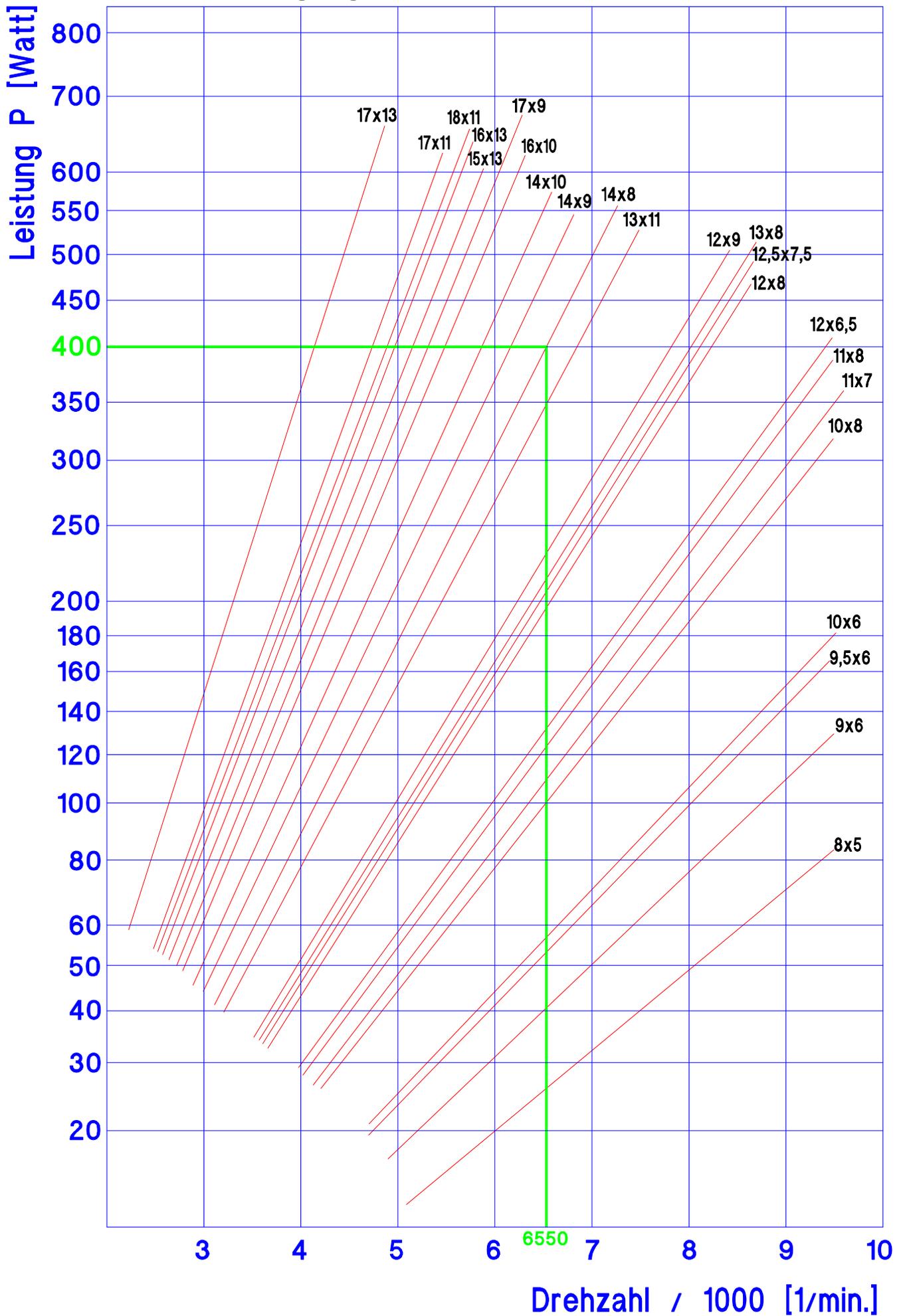


	A ^(*)	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P
280-05	40	26.0	4.0	21.5	8.0	0.8	2.0	4.0	11.0	34.4	4.0	26.0	15.0	M2.5	4.5
280-10	50	31.0	4.0	21.5	8.0	0.8	2.0	4.0	11.0	34.4	4.0	26.0	15.0	M2.5	4.5
280-15	50	36.0	4.0	21.5	8.0	0.8	2.0	4.0	11.0	34.4	4.0	26.0	15.0	M2.5	4.5
280-20	60	41.0	4.0	21.5	8.0	0.8	2.0	4.0	11.0	34.4	4.0	26.0	15.0	M2.5	4.5
350-12	60	40.0	5.0	27.3	10.0	1.0	2.5	6.0	15.0	42.0	5.0	32.4	18.0	M3	5.0
350-20	75	48.0	5.0	27.3	10.0	1.0	2.5	6.0	15.0	42.0	5.0	32.4	18.0	M3	5.0
350-28	80	56.0	5.0	27.3	10.0	1.0	2.5	6.0	15.0	42.0	5.0	32.4	18.0	M3	5.0
430-20	80	53.5	6.0	34.0	12.0	2.0	3.0	6.0	18.0	52.0	6.0	41.0	24.0	M4	7.5
430-30	90	63.5	6.0	34.0	12.0	2.0	3.0	6.0	18.0	52.0	6.0	41.0	24.0	M4	7.5

A^(*) = la longueur de l'axe est variable, sinon peut être adaptée
Toutes les cotes sont en millimètres, sous réserve de tolérances

AERONAUT CAM CARBON

Werte gültig für 42mm Mittelstück !!!



Procès-verbal de bobinage *Torcman*

Diamètre du stator : _____ mm Longueur du stator: _____ mm

Nombre de spires calculé: _____ Fils parallèles : _____

Diamètre du fil : _____ mm Isolateur : _____x_____ mm

Détermination de la longueur L de fil nécessaire par bobine (= 2 dents/ailettes) compte tenu d'un câble d'alimentation de 100 mm:

H_g = épaisseur totale du pack du stator (~H + 2 mm) / N = nombre de tours par ailette

TM280: $L = N * (4 * H_g + 18) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

TM350: $L = N * (4 * H_g + 24) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

TM430: $L = N * (4 * H_g + 28) + 200$ mm (dédoubler en cas de bobinage parallèle!!!)

Longueur calculée du fil : _____ mm

Longueur du fil
effectivement coupée: _____ mm

Liste des traits (tours de bobinage) et mesures obtenues:

	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	résistance Ri (milliohm)	inductivité L (microhenry)	longueur restante [mm]
dent 1													
dent 7													
dent 3													
dent 9													
dent 5													
dent 11													

