

## КОНФИГУРАЦИЯ НА МАГНИТНОТО ПОЛЕ НА ВИХРОВАТА МАШИНА ПРИ ОТСЪСТВИЕ НА ВТОРИЧНА СРЕДА

**Константин Тричков, Владко Панов**

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Проведени са теоретични и експериментални изследвания на конфигурацията на магнитното поле на двуполусна вихрова машина при отсъствие на вторична среда. В непосредствена близост до зъбния слой и в двата края на активния обем се получават значителни неравномерности на магнитното поле. Доказва се че в останалата част на активния обем се получава практически хомогенно въртящо се магнитно поле.

### MAGNETIC FIELD CONFIGURATION OF VORTEX MACHINE WITH NO SECONDARY MEDIUM PRESENT

**Konstantin Trichkov, Vladko Panov**

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** Theoretical and experimental investigations of a two-pole vortex machine magnetic field with no secondary medium present were implemented. Next to the tooth layer and in both the active volume ends big non-uniformity of the magnetic field is obtained. It is demonstrated that in the rest of the active volume there is practically homogeneous rotating magnetic field.

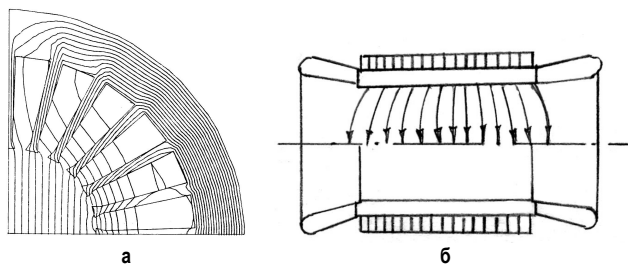
При една идеализирана двуполусна вихрова машина в активния обем следва да се получи двуполусно хомогенно въртящо се магнитно поле с магнитна индукция  $B = \sqrt{2} \mu_0 k_{w1} A$  [1, 2] ( $\mu_0$  – магнитна константа на вакуума;  $k_{w1}$  – коефициент на намотката;  $A$  – линейно токово натоварване). При това, идеализацията се основава на предположението, че намотката е с безбройно много фази, че токовете протичат по безкрайно тънък слой, че магнитните материали на ярема са с безкрайно голяма магнитна проникваемост и че дължината е безкрайно голяма. При идеализираната машина естествено липсват краеве ефекти. Във връзка с въпросните идеализации следва да се направи оценка дали цитираният израз въобще е пригоден за целите на електромагнитното оразмеряване. Оценка е необходима още по отношение на неравномерностите на полето, които освен с валидността на въпросния израз са свързани и с движенията и разпределението на феромагнитните работни тела. Неравномерностите на магнитното поле могат да бъдат причина феромагнитните работни тела да се концентрират на определени места и с това да се намали ефективността на технологичния процес.

При една реална вихрова машина магнитната система и намотката, по идея съответстват на статора на една конвенционална синхронна или асинхронна машина, при които роторът е заменен с работна камера. Поради ниската стойност на магнитната индукция на въртящото се магнитно поле (0,1 ÷ 0,2)Т и поради високите стойности на линейното токово натоварване (2 ÷ 3 пъти над нормалното) се налага използването на много големи

канални и много тесни и високи зъби. Яремът на статорния пакет, пак поради ниската стойност на магнитната индукция, се получава с много малка ширина. Впрочем ширината и на зъбите и на ярема следва да се приеме по съображения за механическа устойчивост и по технологични съображения. Поради това и зъбите и ярема остават ненаситени, което означава, че магнитните съпротивления и на зъбите и на ярема трябва да се преодоляват с помощта на незначителни магнитодвижещи напрежения.

При една реална вихрова машина съществено значение придобиват краевите ефекти: радиални – в съседство с короните на зъбите и аксиални – в пространството от двете страни на активния обем. Радиалният краев ефект се изразява в съгъстяване на силовите линии към коронките на зъбите. Това води до повишение на магнитодвижещото напрежение необходимо за преодоляване на магнитното съпротивление през въздушната среда на активния обем (фиг. 1 а). Аксиалният краев ефект се изразява в разреждане на силовите линии от двете страни на активния обем (фиг. 1б). Това води до намаление на необходимото магнитодвижещо напрежение за преодоляване на магнитното съпротивление през въздушната среда на активния обем и извън него в съседство с двата му края. Аксиалният краев ефект води до силно изразени аксиални компоненти на магнитната индукция, които могат да предизвикат повишени загуби от вихрови токове в зъбите на крайните пластинки. Опасността от прекомерно развитие на аксиални компоненти е една причина за употребата на немагнитни

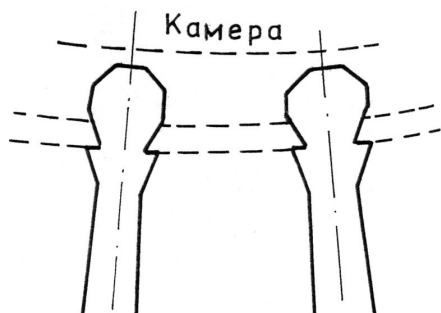
елементи (пръстени и палци) за механическо укрепване на пакета.



Фиг. 1

Във връзка с валидността на цитирания по-горе израз за магнитната индукция и във връзка с краевите ефекти са извършени широк обем изследвания. На първо място могат да бъдат посочени изследванията с помощта на метода на крайните елементи [1, 3, 4]. Те се отнасят за сечения, които са перпендикулярни на оста на активния обем и достатъчно отдалечени от двата края на пакета. Получена е конфигурацията на полето – представена с помощта на силови линии. Ясно личат неравномерностите от краевия ефект близо до коронките на зъбите и практически постоянната стойност на магнитната индукция извън зоната на коронките на зъбите.

На второ място могат да бъдат посочени широкият обем от експериментални изследвания. Те включват изследвания във връзка с оценка на технологичния ефект и измервания на параметрите на полето. Изследванията във връзка с оценка на технологичния ефект показваха, че той протича с благоприятна интензивност при стойност на магнитната индукция на въртящо магнитно поле примерно в границите на  $(0,1 \div 0,2)T$ . Освен това, същите изследвания показваха още, че неравномерностите на полето не влияят забележимо върху движението на работните тела. Като основен признак във връзка с това може да се смята равномерният шум, който съпътства обработката на съответните вещества. Ако се получаваша натрупвания на работните тела биха се появили пулсации на шума. Такива пулсации не се появяваха дори тогава когато работната камера беше разпологана ексцентрично и от едната си страна се допираше до коронките на зъбите. Във връзка с неравномерностите на полето в съседство с коронките на зъбите, следва да се отбележи, че опасността от смущения в движението на работните тела става още по-малка и по друга причина. Там нормално се разполага охладителен канал и немагнитната цилиндрична стена на камерата.



Фиг. 2

Отсъствието на проблеми по натрупване на работни тела в съседство с коронките на зъбите стимулираха да бъде предложена нова нетрадиционна за електромашиностроенето форма на зъбите съгласно фиг. 2. Основната идея при тези зъби е да се подобри тяхното охлаждане и да се намали активния диаметър, а с това и консумираната активна и реактивна енергия.

По-горе стана въпрос и за краевия ефект от двете страни на пакета, който беше наречен аксиален краевия ефект. Поради него би следвало да се очаква работните тела да се привличат все по-навътре и да настъпи натрупване към средата на активния обем. Експериментите показваха, че такова натрупване в действителност не се получава. Като доказателство за това, може да се смята фактът, че върху стените на работната камера остават следи от ударите на работните тела по цялата дължина на активния обем. Отсъствието на неблагоприятно отражение на краевите ефекти (радиален и аксиален) върху технологичния процес може да се обясни с интензивните динамични взаимодействия между работните тела. Те се удрят помежду си и не е възможно да се натрупват в зоните на неравномерности на полето.

Във връзка с аксиалния краевия ефект може да се дефинира параметърът изчислителна дължина  $l_{\delta}$  на вихровата машина. За сега няма достатъчно данни за една точна формула и може да се смята за целесъобразно изчислителната дължина  $l_{\delta}$  да се приеме за равна на активната дължина  $l_a$  или  $l_{\delta} = l_a$ .

Експериментални изследвания бяха приведени и по отношение на цитирания в началото израз за стойността на магнитната индукция в активния обем  $B = \sqrt{2} \mu_0 k_w A$ . Бяха направени и някои изчисления и в резултат беше прието, че е подходящо да се въведе един корекционен коефициент  $k_B$ , като изразът придобие вида:  $B = \sqrt{2} k_B \mu_0 k_w A$ .

При това е подходящо корекционният коефициент да се приеме със стойност  $k_B = 0,96$ , т.е. само около 4% от магнитодвижещото напрежение служи за преодоляване на магнитното съпротивление на зъбите и яремите и на участъка във въздушната среда в областта на краевите ефекти при зъбния слой. Тази стойност на  $k_B$  следва да се смята като уточнена окончателно в сравнение с първоначалното предположение [2], за 0,98.

## Изводи

Въз основа на проведените теоретични и експериментални изследвания по отношение конфигурацията на магнитното поле на двуполусната вихрова машина при отсъствие на вторична среда могат да се направят следните изводи:

1. На разстояние не много далеч от коронките на зъбите и от двата края на активния обем, се получава практически хомогенно въртящо се магнитно поле със

стойност на магнитната индукция, която е много близка до получената по опростената изчислителна формула

$$B = \sqrt{2} \mu_0 k_{\text{м}} A.$$

2. В непосредствена близост до зъбния слой и в двата края на активния обем се получават значителни неравномерности на магнитното поле. При проведените експериментални изследвания, обаче не са констатирани смущения в движенията на феромагнитните работни тела и в протичането на технологичния процес.

## Литература

1. Панов, Вл., К. Брандиски, К. Костов. *Двуполусно въртящо се магнитно поле при отсъствие на*

*вторична среда*, V НТК – ЕЛМА 87, ВМЕИ – Варна, 1987.

2. Панов Вл. К. Костов, К. Тричков. *Експериментално изследване на конфигурацията на въртящо се магнитно поле при двуполусна магнитна система*, Научно-техническа конференция ЕЛМА'81, София.

3. Panov, V., K. Brandiski, K. Kostov. *An investigation of a twopole rotating magnetic field with no secondary medium present using finite element method*, International Journal of Computer Applications in Technology, Volume 2, No 1, 1989.

4. Silvester, P.P. and Ferrari, R. L. (1983) *Finite Elements for Electrical Engineers*. Cambridge University Press.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Електротехника", МЕМФ