

Motto:

*Un artist știe că a atins perfecțiunea  
nu atunci când nu mai are nimic de adăugat,  
ci atunci când nu mai are nimic de înlăturat.*

*(Leonardo Da Vinci)*

**Nicolae VASILE**

## **Priorități științifice, tehnologice și industriale, naționale și internaționale, în dezvoltarea servomotoarelor fără perii**

Să fi știut inginerul american *Lawrence Delos Miles* de marele adevăr gândit de către Leonardo Da Vinci, când, în 1961, a publicat cartea „*Techniques of Value Analysis and Engineering*”, publicată de McGraw Hill and Co., lucrare care a revoluționat modul de proiectare a produselor prin prisma optimizării consumului de materii și care transferă ideea marelui savant renașcentist din artă în industrie? Acesta, lucrând întâi, în perioada 1932-1938, ca proiectant la General Electric, a fost transferat ulterior, până în 1944, la Departamentul de Aprovizionare al aceleiași companii, în ideea revizuirii proiectelor produselor ținând cont de ce materii prime și materiale mai sunt disponibile pe piață în condițiile vitrege cauzate de condițiile războiului, fiind pus în situația proverbului românesc: *să faci din nimic bici și să mai și pocnească*. Astfel, a luat la rând toate componentele produselor și le-a analizat dacă sunt absolute necesare să rămână așa cum sunt, dacă pot fi înlocuite materialele din care sunt făcute sau dacă, pur și simplu, pot fi eliminate, evaluând nivelul de performanță care mai rămâne după aceea.

Asa s-a constatat că existau multe rezerve. Acesta a fost începutul Teoriei Analizei Valorii, finalizată ca principii și bază matematică în 1961. Una din consecințele aplicării acestei teorii a fost apariția unei categorii noi de produse, ulterior și servicii, cele care conțin în denumirea englezească sufixul “less”, adică, în românește, prefixul “fără”. Așa au început să apară: *adezivii fără solvent, alimente fără zahăr, spălătorii auto fără perii* etc.

Am aflat de această teorie în studenție, la cursul *Conducerea Unităților Industriale* ținut de profesorul Ion Stăncioiu, disciplină nu suficient de apreciată de studenții electrotehniști care iubeau numai ceea ce începea cu “electro”.

Când am ajuns spre anii terminali și gândurile ne erau spre *lucrarea se stat*, actuala licență, am început să apreciez materialele primite de la profesorul Răzvan Măgureanu, care făcuse mai multe stagii de pregătire în Anglia, și profesorul Radu Bogdan, care ne predase cursul de Mecanisme, și ajunsese între timp ambasadorul României în Japonia, din care am remarcat clasa nouă de motoare electrice denumită *brushless motors*, adică *motoare fără perii* pe care mi-am propus să o aleg ca temă pentru lucrarea mea de stat.

Nu am putut să folosesc exact această denumire deoarece în Catedra de Mașini Electrice condusă pe atunci de profesorul Constantin Bălă, exista reticența definirii unor produse prin ceva ce le lipsește, reticență pe care am întâlnit-o mai târziu și la ICPE la profesorul Constantin Apetrei, directorul științific. Dânșii preferau denumirea de *motoare sincrone cu magneți permanenți*, care considera că este mai științifică. Lucrarea de stat pe această temă, susținută în anul 1978 și adaptată pentru uz didactic, a fost publicată la Litografia Politehnicii <sup>1</sup> împreună cu îndrumătorul lucrării.

De la început, preocuparea pentru aceste motoare nu mi-am propus-o să rămână doar pentru utilizare universitară, ideea era să găsesc o posibilitate de finanțare a dezvoltării acestora de la cercetare până la producția de serie, care la acea vreme nu se putea face decât în ICPE în colaborare cu una din fabrici, motiv pentru care am și insistat să ajung să lucrez acolo. O circumstanță pozitivă a fost și faptul că, din considerente de piață externă, Intreprinderea Electrotehnica București era foarte interesată, acceptând suportarea construirilor de cercetare și proiectare și, în final, de introducere în fabricație. Detaliile a celor întâmplate în acea perioadă, la ICPE și Electrotehnica, sunt publicate în lucrarea *Servomotoare electrice în ICPE*. <sup>2</sup>

Primul contract de cercetare a fost *Servomotor fără perii*, nr. 358/1983, valoare 1,5 mil. lei, durata 1 an, beneficiar Electrotehnica București, responsabil contract Nicolae Vasile, urmat imediat de *Serie de servomotoare fără perii*, Contract ICPE nr. 477/1984, valoare: 5 mil. lei, durata 2 ani, beneficiar Electrotehnica București, responsabil contract Nicolae Vasile.

Teza de doctorat care a urmat în mod logic, bazată pe o experiență practică care deja se acumulase, cu tema *Contribuții la studiul motoarelor sincrone cu magneți permanenți*, conducator științific profesorul Alexandru Fransua, a adus o serie de elemente de noutate constructive și ca metode științifice de abordare:

- Stabilirea unei structuri geometrice transversale care să asigure concentrarea fluxului magnetic având în vedere că la vremea respectivă nu erau disponibili decât magneții din ferite. Configurația optimizată a stat la baza unor brevete de invenție, din care unul în Germania. (Figura 1.)
- Utilizarea metodei numerice a elementului de frontieră *în domeniul electromagnetic pentru prima dată în lume*. Profesorul argentinian Carlos Alberto Brebbia, care făcea minuni la Universitatea Din Southampton, Anglia, introdusese metoda în anul 1978, în mecanica fluidelor, prin transpunerea numerică a metodei ecuațiilor integrale. Toate aplicațiile de câmp magnetic

---

<sup>1</sup> Măgureanu, R., Vasile, N.: Mașini electrice speciale. *Motoare sincrone cu magneți permanenți – îndrumar de proiectare*, Litografia IPB, București, 1980.

<sup>2</sup> [https://www.researchgate.net/publication/289893740\\_Servomotoarele\\_electrice\\_in\\_ICPE](https://www.researchgate.net/publication/289893740_Servomotoarele_electrice_in_ICPE)

din teză au fost făcute cu această nouă metodă. Teza a fost susținută în aprilie 1984, iar în aprilie 1985 a fost publicat în Revista EEA-Electrotehnica, nr. 3/1985, paginile 128-133 <sup>3</sup>, *primul articol din lume, într-o revistă indexată, cu metoda aplicată în electromagnetism*, fiind un articol de sinteză a părții de câmp magnetic din teza de doctorat. (Figura 2.)

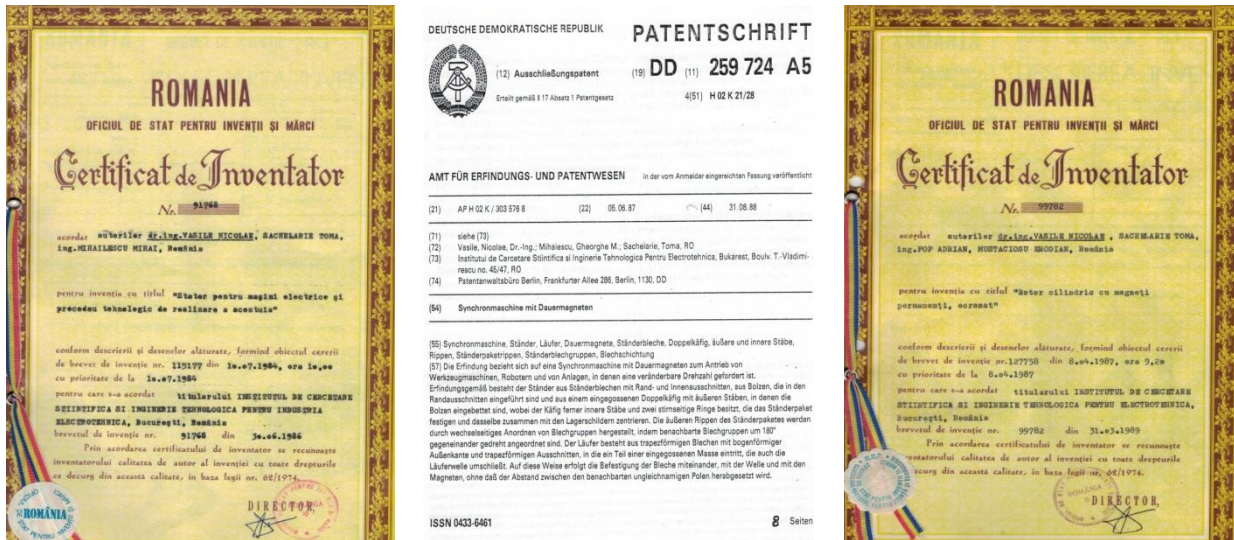


Figura 1. Brevete de servomotoare fără perii cu magneți din ferită

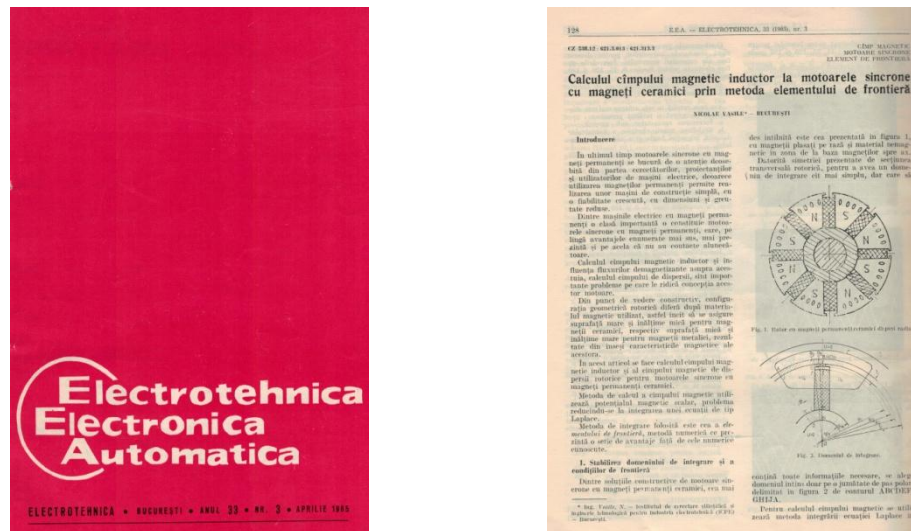


Figura 2. Revista și primul articol din lume cu Metoda Elementului de Frontieră în domeniul electromagnetic

- Dezvoltarea unui *soft de proiectare asistată de calculator* pentru aceste categorii de motoare, care a fost anexă la teză și publicat cu programul sursă în cartea Răzvan Măgureanu, Nicolae Vasile: *Motoare sincrone cu magneti permanenți și reluctanță variabilă* <sup>4</sup>, Editura Tehnică, București, 1983, paginile 2017-235.
- Participarea cu un capitol în primul volum de Matoda Elementului de Frontieră cu aplicații electromagnetice publicat sub ediția lui C.A. Brebbia în renumita editură Springer, în anul 1989 <sup>5</sup>, într-o echipă consolidată cu doi matematicieni de forță care s-au specializat în această metodă: profesorul Dorel Homentcovschi, atunci la Politehnica din București, actualmente în SUA, și matematiciana Marinela Tiba, atunci la ICPE, acum în Franța.

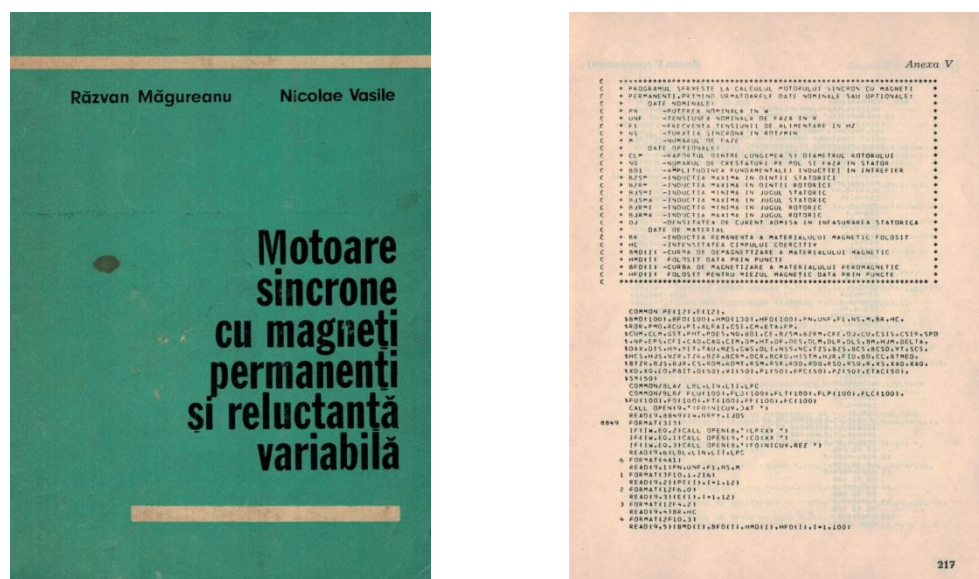


Figura 3. Cartea și anexa cu soft-ul de proiectare asistată de calculator pentru motoare fără perii

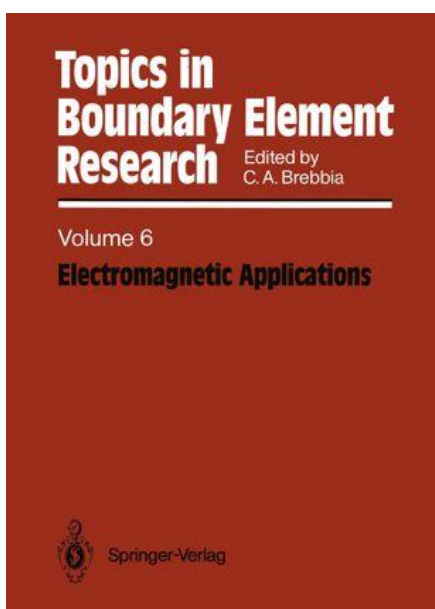
Cercetarea a continuat în ritm alert urmând o serie de contracte de extindere și diversificare a seriei inițiale, apărând noi beneficiari și specialiști care și-au asumat rolul de a conduce contracte, astfel:

*Extinderea seriei de servomotoare fără perii cu rotor cilindric*, Contract ICPE nr. 761/1985, valoare: 3,5 mil. Lei, durata: 2 ani, beneficiar: Electrotehnica București, responsabil contract: Nicolae Vasile.

*Servomotor fără perii SFP-1.3*, Contract ICPE nr. 337/1987, valoare: 1,5 mil. Lei, durata 6 luni, beneficiar: Electrotehnica București, responsabil de contract Adrian Pop, coresponsabil Nicolae Vasile.

*Extinderea seriei de servomotoare fără perii la cupluri mici 0.13, 0.23, 0.47 Nm*, valoare: 2,5 mil.lei, durata: 1,5 ani, beneficiar Electrotehnica București, responsabil contract Mihaela Scorțescu, coresponsabil Nicolae Vasile.

*Servomotor fără perii cu magneți din pământuri rare*, Contract ICPE nr. 341/1987, valoare: 1,6 mil. lei, durata:1 an, beneficiar Electrotehnica București, responsabil contract Erodian Mustăciosu, coresponsabil Nicolae Vasile.



| Contributors      |                                                            |           |
|-------------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| J. D'Angelo       | General Electric, Schenectady, NY, USA                     | (Chap. 6) |
| M. Burnet-Fauchez | ACEC Energie, Charleroi, Belgium                           | (Chap. 5) |
| M. M. Defourny    | Université de Liège, Belgium                               | (Chap. 1) |
| M. Enokizono      | Oita University, Japan                                     | (Chap. 3) |
| D. Homutoovschi   | Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti, Romania | (Chap. 7) |
| G. Kalaichelvan   | University of Toronto, Canada                              | (Chap. 4) |
| L. Kreindler      | Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti, Romania | (Chap. 7) |
| J. D. Lavers      | University of Toronto, Canada                              | (Chap. 4) |
| L. Li             | Helsinki University of Technology, Espoo, Finland          | (Chap. 2) |
| J. Luomi          | Helsinki University of Technology, Espoo, Finland          | (Chap. 2) |
| R. D. Magureanu   | Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti, Romania | (Chap. 7) |
| P. Scarpa         | Université de Liège, Belgium                               | (Chap. 1) |
| M. Tiba           | Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti, Romania | (Chap. 7) |
| N. Vasile         | Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti, Romania | (Chap. 7) |

Figura 4. Cartea publicată în Editura Springer în anul 1989 și lista autorilor

*Serie de servomotoare fără perii cu magneți din pământuri rare*, Contract ICPE nr.718/1989, valoare 5,8 mil.lei, durata:2 ani, beneficiar: IPA, București, responsabil contract Nicolae Vasile.

*Serie de servomotoare fără perii cu rotor-disc*, Contract ICPE nr. 643/1990, valoare 4,8 mil.lei, durata 2 ani, beneficiar IFMA București, responsabil contract Nicolae Vasile.

După 1989 echipa s-a întărit cu venirea lui Paul Minciunescu care a preluat servomotoarele cu magneți din pământuri rare de la faza de prototipuri și le-a dus, la ICPE, până la producția de serie.



Totodată, împreună cu profesorul Alexandru Fransua, am început abordarea servomotoarelor fără perii și fără crestături, care au reaprins discuțiile referitoare la motoarele "fără". Împătimiții clasicelelor motoare asincrone au acceptat cu mare greutate scoaterea crestăturilor din inventarul componentelor mașinilor electrice, mai ales că mulți dintre ei își facuseră doctoratele calculând la diverse aspecte legate de prezența acestor crestături. (Figura 5.)

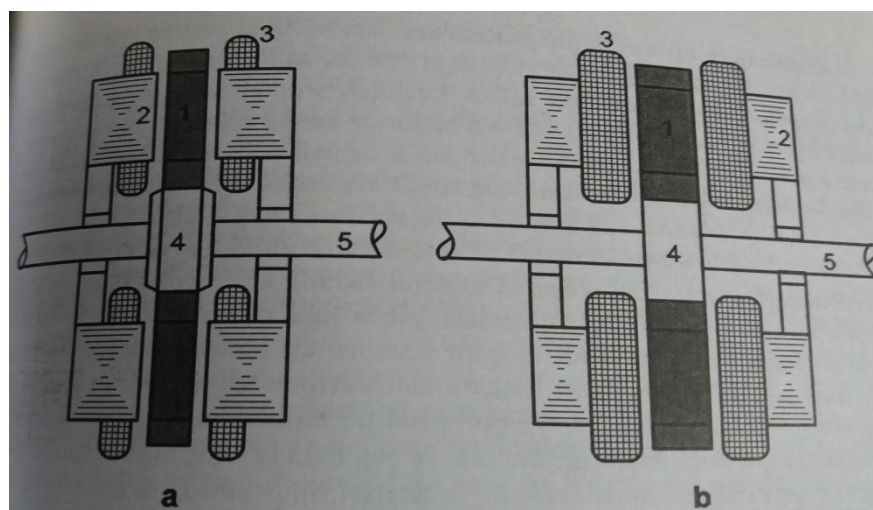


Figura 5. Motor fără perii fără perii, cu și fără crestături, comparativ

La afirmația mea făcută la o Conferință Internațională de la Lausanne, în 1994, că din motive tehnologice, viitorul va aparține motoarelor fără crestături, mulți au zâmbit, dar unii au luat-o în serios. Astfel Wikipedia o cataloghează ca pe una din ideile remarcabile la nivel internațional <sup>6</sup>. (Figura 6.)

Mă bucur că profesorul Neculai Galan, în tratatul său monumental de mașini electrice (989 pagini), apărut recent, menționează motoarele sincrone cu magneți permanenți fără crestături la pagina 659. <sup>7</sup>

Acest tip de motoare a intrat bine în mediul academic, un doctorand de al meu, Cornel Sălișteanu, azi profesor la Universitatea Valahia din Târgoviște, și-a făcut doctoratul cu o asemenea temă.

În ceea ce privește *producția servomotoarelor fără perii în România*, aceasta a început în 1987 la Electrotehnica București, cele cu magneți permanenți din ferită și concentrare de flux magnetic și, în urma obținerii specializării CAER, începuse un export masiv în URSS, la fabricile de mașini unelte.

<sup>6</sup> Nicolae Vasile: Slotless permanent magnet synchronous motors. EPE-Symposium on Electric Drive Design and Applications, Lausanne, Switzerland, 19-20 october 1994.

<sup>7</sup> Neculai Galan: Mașini Electrice, Editura Academiei Române, București, 2011.

După 1989, în urma destabilizării situației din URSS, exportul a încetat pe acea piață, dar a început în SUA, semnându-se un contract pe 20 de ani, care s-a întrerupt în urma problemelor organizatorice apărute la Electrotehnica, motiv din care ICPE a hotărât să conceapă și să producă o serie nouă de servomotoare fără perii cu magneți din pământuri rare, care o perioadă nu s-a putut produce din cauza faptului că magneții permanenți preconizați a se produce la ICPE nu au corespuns

| Anul ↕ | Invenție ↕                         | Autor ↕                                        | Țara ↕                                                                                             |
|--------|------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1990   | World Wide Web                     | Tim Berners-Lee <sup>[335]</sup>               |  Marea Britanie |
| 1993   | Global Positioning System (GPS)    | Departamentul Apărării al SUA <sup>[336]</sup> |  SUA            |
| 1994   | Wiki                               | Ward Cunningham <sup>[337]</sup>               |  SUA            |
| 1994   | motorul fără perii fără creștături | Nicolae Vasile <sup>[338]</sup>                |  România        |
| 1997   | MP3 player                         | SaeHan Information Systems <sup>[339]</sup>    |  Coreea de Sud  |
| 1997   | Viagra                             | Pfizer Inc. <sup>[340]</sup>                   |  SUA            |

**Mileniul al III-lea** [ modificare | modificare sursă ]

| Anul ↕         | Invenția ↕                                             | Autor ↕                                                    | Țara                                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2003           | nanotehnologie: primele "manevre" moleculare           | Universitatea din Toulouse<br>Freie Universität din Berlin |  Europa  |
| 2005           | nanotehnologie: crearea unui "motor" molecular         | Universitatea din Toulouse<br>Freie Universität din Berlin |  Europa  |
| 2007           | nanotehnologie: tranzistorul de 45 nm <sup>[341]</sup> |                                                            |                                                                                               |
| 2007 (aprilie) | masele plastice semivegetale reciclabile               | firma Sharp                                                |  Japonia |

Figura 6. Motorul fără perii fără creștături menționat de Wikipedia în Lista cronologică a invențiilor din istorie

calitativ, iar din China nu puteam importa din cauza unor embargouri comerciale pe care nu le puteam depăși. Pentru a putea demara producția solicitată de clienți din Germania și Italia, am apelat la aceștia pentru a intermedia importul acestor magneți. Ulterior am rezolvat problema cu ajutorul regretatului fost ministru Alexandru Necula, consilier în acea perioadă la ICPE, care avea o relație de prietenie cu președintele Chinei, reușind astfel să importăm direct de la producător. După ce aveam tot ce ne trebuie piața noastră s-a triplat ajungând la limita cantitativă pe care o puteam produce.

A mai apărut un eveniment pozitiv, un client din SUA a solicitat o cantitate foarte mare de servomotoare fără creștături. Aceasta însă nu s-a putut realiza din lipsa tot a magneților, de data aceasta, cei de tip AlNiCo, care se produceau în Rusia.

Aceștia au corespuns la prototipuri, dar când am trecut la producția de serie calitatea lor a scăzut brusc și am renunțat.

Motoarele fără creștături au avut apoi o pauză mare în producție, dar recent Paul Minciunescu a conceput niște tipodimensiuni de mai mici dimensiuni care au și clienți și se produc curent.

Tot în ideea aplicării *teoriei valorii* se înscrie în brevet mai recent denumit, *Convectoelectric motor*, depus în anul 2011, care include o idee teoretică de mare noutate, și anume *câmpurile învârtitoare obținute cu înfășurări rezistive*.





Toate aplicațiile câmpurilor magnetice învârtitoare de până acum se obțineau cu înfășurări inductive, rezistența internă a acestora trebuind să fie cât mai mică pentru că partea activă dorită de la motor era cuplu, iar căldura reprezenta energia pierdută și trebuia să fie cât mai mică.

În cazul de față, pentru instalațiile de încălzire electrică, la *convertorul electro-termic*, partea dorită la final este căldura, acesta reprezentând partea utilă, iar cuplul nu trebuie decât să producă mișcarea unei pale de ventilator pentru a realiza convecția aerului încălzit. Avem de a face, practic, cu un motor electric având înfășurările făcute din material rezistiv, care produce în principal căldură și în subsidiar cuplu.

Acestea pot fi utilizate cu mare succes la instalațiile de climatizare, unde se înlocuiesc două componente, o rezistență fixă și un ventilator, cu una singură, acest *convectoelectric motor*, instalații care se pot numi, astfel: *climatizoare fără ventilator*.

Ideea a fost foarte apreciată la marile saloane internaționale de invenții, obținând Medalia de aur la Bruxelles, în anul 2012, și Medalia de aur, Premiul special al OSIM și Diploma delegației Rusiei, la Geneva, în anul 2013.