

# O Gerador de Faraday

Manuel Vaz Guedes

FEUP — Faculdade de Engenharia  
Universidade do Porto

No estudo de uma máquina antiga, geralmente, encontra-se na sua invenção a satisfação de um objectivo produtivo bem definido. Assim, no domínio da Electrotecnia o gerador de Gramme destinou-se a substituir, com vantagem, as pilhas na produção de electricidade para a indústria da galvanoplastia. Mas quando se procura um objectivo produtivo para o primeiro gerador electromagnético — o disco de Faraday — verifica-se que este apenas foi criado como consequência da procura pelo seu inventor de um conhecimento científico: uma explicação para os fenómenos magnéticos associados às experiências de Arago.

Esta factó relevante na *História da Electrotecnia* mostra a existência de momentos iniciais comuns à História da Ciência, em particular coincidentes com uma época da História da Física. Só que a ligação à Ciência desta máquina eléctrica primordial — o disco de Faraday — não surge apenas no momento da sua invenção (1831) como objecto experimental e em consequência da procura de uma explicação científica. Mais tarde (1955), este gerador eléctrico irá também servir como um modelo físico idealizado capaz de explicar, por analogia, as irregularidades e a reversão da polaridade do campo magnético terrestre (geofísica) e, com uma associação de dois geradores, criar (1978) um caso exemplar de comportamento dinâmico não linear com caos.

## O Disco de Faraday

Durante as suas viagens de exploração científica, François Arago fez um conjunto de observação sobre o comportamento da agulha magnética na vizinhança de um outro corpo. Essas observações foram sendo comunicadas à Academia das Ciências de Paris de 1824 a 1825.

Durante uma sessão de campo para determinação da intensidade magnética, em 1822, Arago observou que o movimento da agulha de declinação cessava mais depressa,

quando a agulha magnética estava encerrada numa caixa metálica do que quando estava afastada de qualquer outro corpo. Criando uma montagem experimental engenhosa, pode fazer um conjunto de experiências com agulhas magnéticas, ímanes permanentes e placas de diversos materiais que lhe permitiram concluir que, [1]: quando um íman (ou agulha magnética) está parado numa plano paralelo a uma placa (disco) de metal colocada na sua vizinhança e a placa é posta a rodar o íman tende a acompanhar o movimento da placa; quando o íman é rodado e a placa metálica é livre de rodar, então a placa tende a acompanhar o movimento do íman; nada sucede quando não há movimento relativo entre o íman e a placa, apesar da sua proximidade. Arago começou por afirmar que a placa poderia ser de qualquer material, mas outros experimentadores — Babbage e Herschel (1825) — concluíram que os fenómenos apenas ocorriam com placas metálicas.

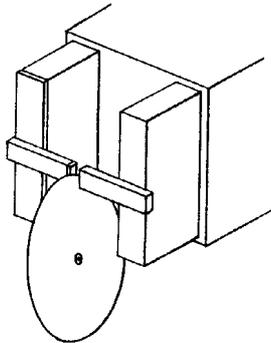
François Arago deu a este conjunto de fenómenos o nome interpretativo de “magnetismo de rotação”.

Michael Faraday teve conhecimento destas experiências, que se tinham divulgado através de jornais e revistas e que tinham criado na comunidade científica um vivo interesse na procura de uma explicação. Já “tendo obtido electricidade a partir de ímanes permanentes” por indução magnética, Faraday procurou “fazer da experiência de Arago uma nova fonte de electricidade” e não “perder a esperança de ser capaz de construir uma nova máquina eléctrica”, [2, § 4, (83)].

Com esse propósito Faraday realizou várias experiências com o potente íman permanente da Royal Society. Devido às dimensões daquele íman e para criar dois pólos magnéticos mais pequenos utilizou duas barras de ferro macio, criando um campo magnético fixo e de intensidade constante no entreferro polar.

Entre os dois pólos magnéticos fez rodar um

disco de cobre, com 30,4 cm de diâmetro, em torno de um veio de latão. A montagem permitia que o plano do disco fosse vertical ou horizontal, e que a zona dos pólos estivesse mais ou menos perto da periferia do disco, conforme o esboço do conjunto na figura junta.



Condutores de cobre e latão de 10 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro, amalgamados nas extremidades serviram para fazer o contacto com o disco (escovas), e as outras extremidades foram ligadas aos terminais de um galvanómetro rudimentar por condutores de cobre de 0,4 cm de diâmetro. Quando em contacto com o veio e o bordo do disco, ou entre dois pontos diferentes do bordo do disco, este conjunto de condutores, com o galvanómetro intercalado, formava um circuito eléctrico fechado.

Executada a montagem e criado um entreferro com o comprimento de 1,3 cm entre os pólos artificiais do íman permanente, verificou-se que: quando tudo estava quieto a agulha do galvanómetro não se desviava; quando o disco foi rodado, deu-se um desvio da agulha do galvanómetro, e quando o disco foi rodado rapidamente a agulha magnética do galvanómetro desviou-se de 90° ou mais.

Michael Faraday escreveu [2, (90)]: “Assim foi demonstrada a produção de uma corrente permanente de electricidade por ímanes ordinários”.

Seguiram-se outras experiências com a nova máquina eléctrica. Quando Faraday inverteu o sentido de rotação do disco, alterou-se o sentido de desvio da agulha magnética, quando os pólos cobriram completamente o disco houve um efeito mais forte do que quando os pólos apenas cobriam parcialmente o disco, e variou-se o efeito obtido variando a posição do contacto dos condutores (escovas) na periferia do disco.

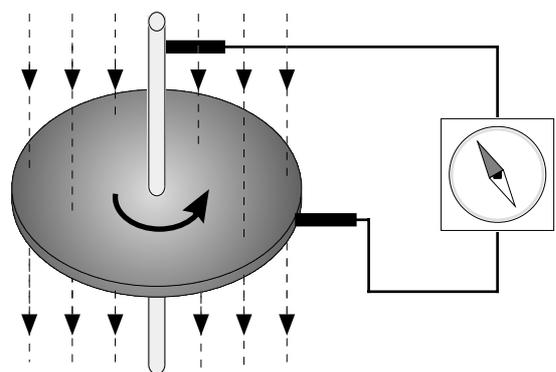
Michael Faraday obteve os mesmos efeitos a partir de “pólos electro-magnéticos”, isto é,

electroímans criados por hélices de fio de cobre ou espirais (solenóides) [2, (111)].

Na sequência das suas Experiências Faraday enunciou [2, (114)] “a Lei que governa a evolução da electricidade por indução magneto-eléctrica”. Trata-se de um enunciado meramente qualitativo e explicativo, pouco fácil de exprimir.

No entanto, o enunciado desta Lei permitiu-lhe justificar o aparecimento de turbilhões de corrente eléctrica no disco da experiência de Arago [3], criando no disco uma distribuição de corrente eléctrica que por interacção com o campo magnético da agulha, ou do íman permanente, cria uma força mecânica que tende a anular o movimento relativo dos dois corpos. Desta forma, os fenómenos magnéticos das experiências de Arago eram explicados sem recurso ao “magnetismo de rotação”.

Mais tarde (1856), James C. Maxwell, recorrendo ao conceito de força electromotriz expunha de uma forma clara e precisa o comportamento do gerador eléctrico [4]: quando se move um condutor transversalmente às linhas de força do campo magnético, desenvolve-se uma força electromotriz nesse condutor. Se o condutor está fechado há uma corrente eléctrica no circuito, se está aberto resulta uma tensão nos seus terminais.



A “nova máquina eléctrica” criada por Faraday era uma invenção simples, mas estava dotada já com todos os órgãos de uma máquina eléctrica de ímanes permanentes. Um circuito magnético indutor formado pelos pólos artificiais e pelo íman permanente, um circuito eléctrico do induzido formado pelo disco metálico condutor e um conjunto de órgãos mecânicos de sustentação que permitiam manter as diversas peças numa posição fixa e segura. Neste tipo de máquina eléctrica, em que os condutores eléctricos estão sob a influência de

um campo magnético fixo e constante no espaço e de intensidade constante no tempo — máquina eléctrica homopolar [5]— e que por isso, é uma máquina de corrente contínua, o colector tem apenas a função de estabelecer o contacto entre os condutores da parte fixa e os condutores da parte móvel da máquina.

Do primeiro gerador de energia eléctrica sobre a forma de corrente contínua — o disco de Faraday — não foi retirada qualquer aplicação com influência no sistema produtivo da época. Mas alguns meses depois Pixii apresentou um gerador baseado no princípio da indução magnética, [6], que serviu a Ampère para fazer a electrólise da água (ligeiramente acidulada) depois de ter adaptado aos terminais do gerador um comutador actuado pelo movimento do rotor, o que permitiu obter uma corrente eléctrica contínua no circuito do voltâmetro.

O disco de Faraday, como máquina eléctrica homopolar, não teve qualquer serventia industrial ao longo deste último século, devido ao pequeno valor da força electromotriz gerada e à pequena potência útil que pode fornecer. Na actualidade com a aplicação de sistemas indutores supercondutores consegue-se melhorar as características de funcionamento desta máquina, com um aumento da complexidade do sistema indutor devido ao circuito refrigerador.

Mas quando se descobriu que o comportamento do disco de Faraday como gerador eléctrico era análogo ao “gerador” que era suposto ser a causa do campo magnético da Terra e de outros corpos celestes, renasceu o interesse por aquele gerador de corrente contínua primordial. Anteviu-se a possibilidade de o estudo do comportamento e da estabilidade do gerador de Faraday esclarecer o comportamento desse gerador natural mais complicado, do qual até o comportamento em regime permanente estava mal compreendido. Surge, então, em 1955, o estudo do disco de Faraday, autoexcitado ou com excitação externa, submetido a um movimento de rotação sem atrito, ou com atrito viscoso, o que permitiu estabelecer relações entre fenómenos astronómicos, a magnetohidrodinâmica e o regime transitório das máquinas eléctricas, [7].

Na procura de um modelo que explicasse melhor a inversão da polaridade do campo magnético terrestre e mesmo a flutuação do valor da sua amplitude, foi utilizado, em 1958, um agrupamento de dois discos de Faraday nos

quais a corrente eléctrica que circula num gerador alimenta o circuito indutor do outro e que são submetidos a um movimento de rotação sem atrito, [8]. Este modelo não linear mostrou a possibilidade de inversão do sentido da corrente eléctrica, assim como oscilações na sua amplitude, apesar de se reconhecer que é um modelo tosco devido ao desprezo assumido de alguns fenómenos telúricos importantes. No estudo teórico do sistema de dois discos de Faraday foi possível detectar um comportamento dinâmico caótico para determinados valores dos parâmetros.

### Síntese

Na História da Electrotecnia a máquina eléctrica geradora primordial — o disco de Faraday — tem um lugar importante na caracterização da Lei da Indução e na detecção dos parâmetros (velocidade, intensidade do campo magnético, dimensões do circuito do induzido) condicionantes do funcionamento de um conversor electromecânico de energia. Nesta fase (1831) a sua invenção insere-se, também na história da Ciência, onde a Electricidade já tinha atingido um estado de conceptualização (Coulomb, Volta, Oersted, Ohm) e de descrição matemática (Ampère, Laplace, Poisson) que lhe asseguravam uma identidade no âmbito da Física, mas que ainda não tinha permitido o desenvolvimento de aplicações capazes de alterar qualquer processo de criação de riqueza, apesar de já ter ocorrido o aparecimento da Telegrafia Eléctrica.

No entanto, torna-se curioso notar, que essa ligação do disco de Faraday à Ciência não ocorre apenas no seu momento original, mas, ao longo do tempo, aquela máquina eléctrica vai servindo na modelização analógica de sistemas muito complexos, como o gerador magnetohidrodinâmico da Terra. Enquanto esses estudos continuam, as aplicações industriais, ou as aplicações ligadas aos meios de produção, deste tipo de gerador não passam de um número restrito de casos dispersos.

MVG

### Notas e Referências

[1] “Oeuvres Complètes de François Arago”, T. 1º, Paris 1854

[<sup>2</sup>] Michel Faraday; “Experimental Researches in Electricity”, 1844 (Dover edition, 1965)

[<sup>3</sup>] correntes turbilionares, chamadas por Arago correntes fugitivas, e mais tarde chamadas correntes de Foucault. Mas, este investigador apenas demonstrou que essas correntes eléctricas eram capazes de aquecer um disco de metal em movimento forçado no interior de um campo magnético (!)

[<sup>4</sup>] James C. Maxwell; “On Faraday’s Lines of Force”, Trans. Cambridge Philos. Soc., X, Part I, 1856

[<sup>5</sup>] M. G. Say E. O. Taylor; “Direct Current Machines”, Pitman 1980

[<sup>6</sup>] trata-se do primeiro gerador de corrente alternada — o gerador de Pixii; Annales de Chimie et de Physique, L, pp. 322–324, 1832

[<sup>7</sup>] E. Bullard; “The Stability of a Homopolar Dynamo”, Proc Cambridge Philos. Soc, 51, pp. 744–760, 1955

[<sup>8</sup>] T. Rikitake; “Oscillations of a System of Disk Dynamos”, Proc Cambridge Philos. Soc, 54, pp. 89–105, 1958

**.MVG.**