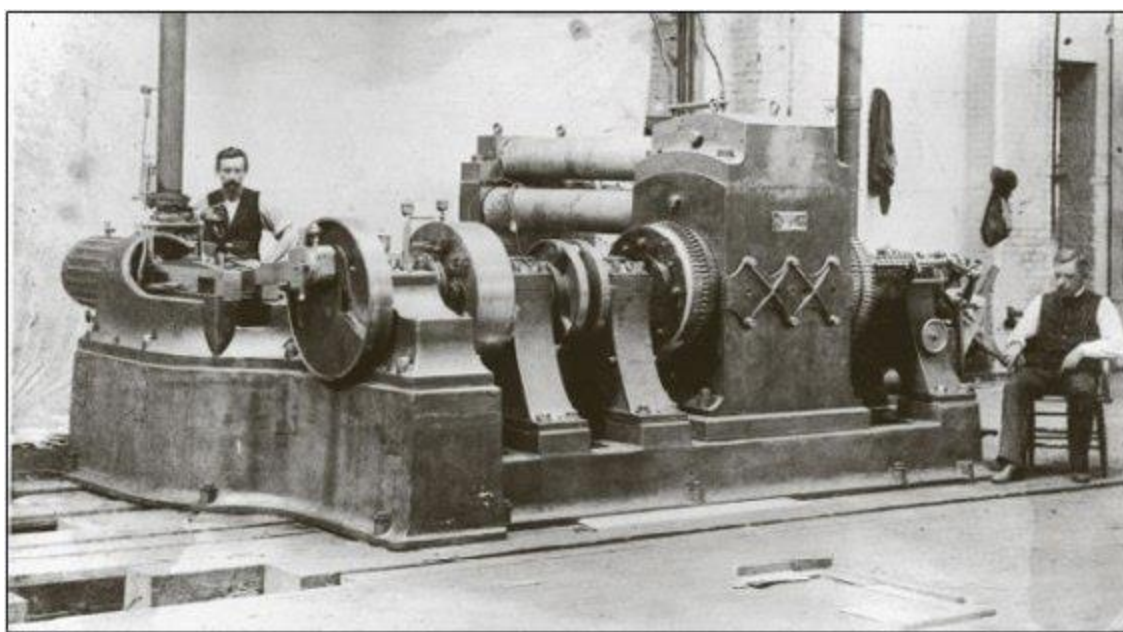


Primeiros Medidores de Energia

Edison, depois de fazer vários melhoramentos nas lâmpadas elétricas de incandescência, em 1880 fundou a empresa “*Edison Electric Light Company*” que fabricava as lâmpadas que tinha desenvolvido. Esta empresa tinha como objetivo vender sistemas de iluminação elétrica, que incluíam fazer a instalação elétrica, colocar as lâmpadas e vendera energia.

Edison dotou as lâmpadas de um casquilho de enroscar, que só patenteou em 1890, patente n.438310 de 14 de outubro de 1890. Este sistema, em 1909, foi aceite como padrão pela indústria, até aos nossos dias (por exemplo um casquilho E27 é um casquilho tipo Edison com 27 mm de diâmetro da rosca).

Em setembro de 1882 Edison instalou a primeira central de geração de eletricidade nos USA. Esta central de Nova Iorque designada por “*Pearl Street Station*” foi dotada de 6 dínamos elétricos que produziam a tensão contínua de 110 V alimentados por uma máquina a vapor de 175 cv (cerca de 130 kW). Edison, numa primeira fase, forneceu energia a 82 clientes, num total de 400 lâmpadas de iluminação, numa região com cerca de 2 km². Os dínamos eram enormes (designados por Jumbo dínamos) e cada um pesava cerca de 27 toneladas.



Com cerca de 100 kW de potência elétrica (P) a 110 V Edison podia fornecer cerca de 900 A de intensidade (I) de corrente contínua (150 A por dínamo); ($P = V \times I$). Em 1895 a central foi atualizada para dínamos de 220 V e uma linha de alimentação contínua a três condutores, o que para a mesma potência fornecida lhe permitiu reduzir o custo do fio de cobre utilizado.

A medição de correntes elevadas

Edison teve de criar medidores de corrente de alta intensidade e sistemas de controlo dos dínamos. Os amperímetros (Edison Amperemeter) foram produzidos pela General Electric (que Edison tinha ajudado a fundar). Estes amperímetros foram instalados sobre uma base de madeira cm 22 cm x 27 cm e a tampa tinha um vidro frontal fosco mas no qual estavam transparentes a região para ver o ponteiro e as letras não foscas no vidro.

Estes amperímetros trabalhavam na vertical. Existe uma peça de ferro associada ao ponteiro que penetra dentro de um solenoide curvo. Quando o amperímetro está na vertical a peça curva está quase toda fora do solenoide, devido ao efeito da força da gravidade. A passagem da corrente elétrica cria um campo magnético que gera um binário motor sobre a peça de ferro que será introduzida dentro do solenoide e o movimento da peça (e do ponteiro) estabiliza quando o binário resultante da força da gravidade igualar o binário motor.

O Amperímetro de Edison existente no Museu Faraday do IST tem uma escala com indicação máxima de 50 A, mas não existe a tampa e terá de ser feita uma réplica.

Estes amperímetros trabalham tanto com corrente contínua como com corrente alternada.



No Museu Faraday há uma experiência em que um transformador elétrico (invenção de Faraday) transforma uma corrente alternada de 1 A em 50 A, para efeitos de demonstração do amperímetro e do transformador elétrico.

A medição da energia consumida

Os primeiros clientes de Edison não pagaram a energia pois Edison não dispunha de contadores de energia fiáveis, apesar de já ter submetido cinco patentes, muito criativas, de tipos de contadores de energia a que chamou de **Webermeter**.

A 1ª patente (n. 251545) foi submetida em 20 de março de 1880. A 2ª patente (n. 240678) foi submetida em 10 de outubro de 1880 e foi a primeira a ser aprovada em 26 de abril de 1881. A 3ª patente (N. 248565) foi submetida em 15 de dezembro de 1880 e foi aceite em 18 de outubro de 1881. A

4ª patente (N. 251557) foi submetida a 27 de maio de 1880 e a 5ª patente foi submetida em 30 de agosto de 1881. As duas últimas patentes bem como a 1ª só foram aceites em 27 de dezembro de 1881.

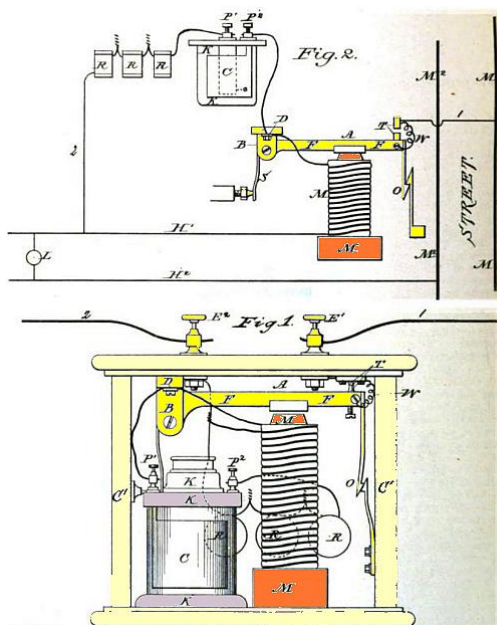
O cálculo do consumo de energia

A energia é a integração da potência consumida e do tempo durante o qual se fez esse consumo.

$W = P \times t = V \times I \times t = V \times (I \times t) = V \times Q$ em que Q é a carga elétrica que atravessa o contador.

Como sistema de fornecimento de energia de Edison funcionava com tensão constante de 110 V, Edison só tinha que medir a carga elétrica que passava na instalação do consumidor e para isso desenvolveu cinco patentes.

A 1ª patente (n. 251545)



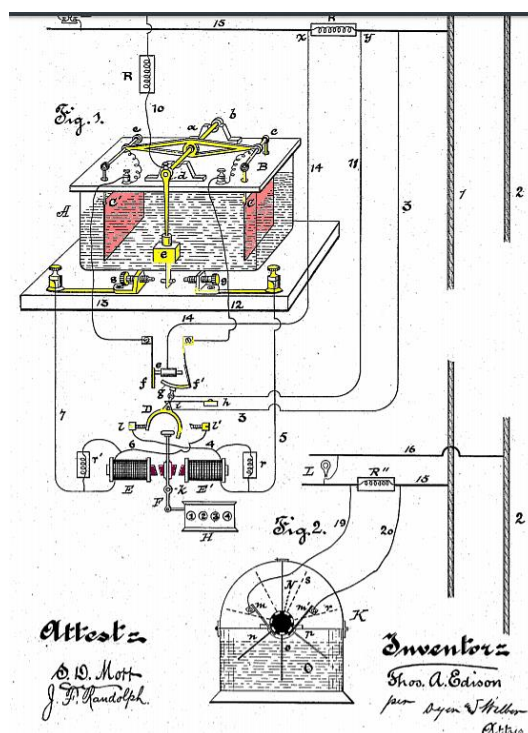
A 1ª patente é baseada nas leis da galvanoplastia de Faraday que relacionam a quantidade de material condutor transportado de um eletrodo para o outro quando colocados dentro de um eletrólito, com a carga elétrica ($I \times t$) que atravessa esse eletrólito. Na célula eletroquímica C, os eletrodos são de cobre e o eletrólito é uma solução de sulfato de cobre. A célula eletroquímica é atravessada por uma pequena corrente contínua (cerca de 1% da corrente que passa na carga (aqui representada pela lâmpada L). Esta corrente na célula é calibrada pelas resistências R de acordo com a sensibilidade prevista para o contador. A maior parte da corrente da carga passa pelo eletroímã M que serve de atuador quando a corrente consumida passar de certo limite, mas normalmente a armadura não está atraída, e o circuito fecha-se pelo pequeno fio W. Se houver uma sobrecarga de

corrente, o eletroímã atraca a armadura, o trinco O mantém a armadura atracada e o fio W funde impedindo a corrente de passar pela célula. Os serviços de manutenção de Edison terão de ir ver o que se passava. Normalmente a placa de cobre é pesada de tempos a tempos e o consumo de carga elétrica é calculado a partir da diferença de peso para a pesagem anterior. A energia consumida é proporcional a esta diferença de peso.

A 2ª patente (n. 240678)

É baseada também num processo de galvanoplastia numa célula eletroquímica. São usadas duas placas de cobre e um eletrólito à base de uma solução de sulfato de cobre em água. A célula é atravessada por uma fração da corrente contínua da linha de transporte.

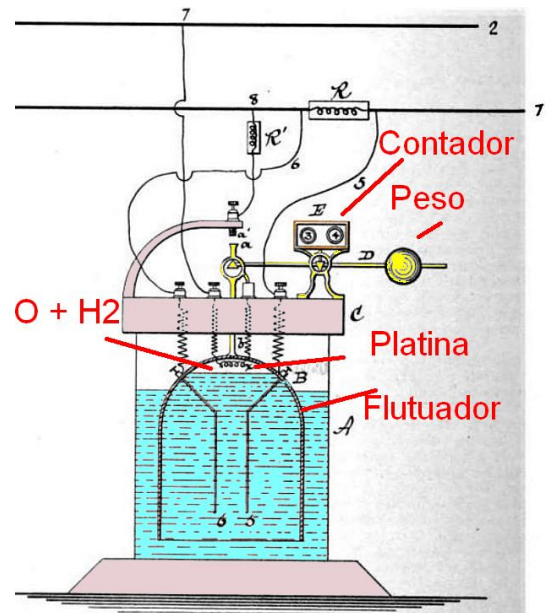
A passagem da corrente contínua, segundo as leis de Faraday da galvanoplastia, transporta cobre de uma placa para a



outra fazendo com que uma aumente de peso e a outra diminua. Esta operação desequilibra a balança B que atua um comutador elétrico inversor que troca o sentido da corrente fazendo com que o papel das placas seja trocado e a que aumentava de peso agora diminui de peso. A certa altura a balança desequilibra para o outro lado e o processo repete-se. Cada vez que a balança se desequilibra é atuado um solenoide que atrai uma armadura de ferro e, por sua vez, atua um contador mecânico. Segundo as leis de Faraday da galvanoplastia, a carga elétrica movida em cada alteração de equilíbrio da balança é proporcional à alteração de peso das placas, e como a tensão é constante (110 V) a energia será proporcional ao número de desequilíbrios da balança.

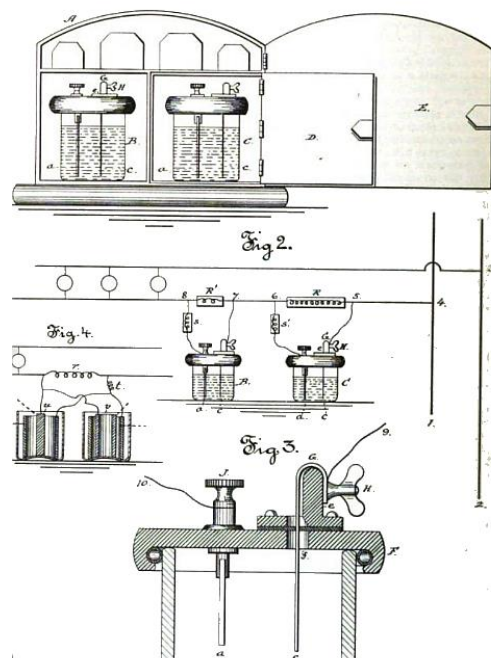
A 3ª patente (n. 248565)

É baseada na eletrólise da água. Usando uma pilha de Volta em 1803, os ingleses William Nicholson and Anthony Carlisle fizeram a eletrólise da água, separando-a em 2 gases: Hidrogénio (2 volumes) e em oxigénio (um volume). In 1806 Humphry Davy (tutor de Michael Faraday) também fez trabalhos nesta área. O vaso A está cheio de água. O vaso B flutua na água. A corrente contínua na linha (1, 2) desenvolve uma pequena queda de tensão na resistência R e começa a fazer a eletrólise da água. O Hidrogénio e o oxigénio libertado são comprimidos pela pressão externa da água e o flutuador sobe e a certa altura o contacto *a-a'* fecha-se ligando a resistência de platina, através da resistência R' à linha de alimentação, que por aquecimento faz explodir o hidrogénio e transformar novamente em água. O flutuador desce e uma medida da carga elétrica que passou na resistência R.



A 4ª patente (n. 251557)

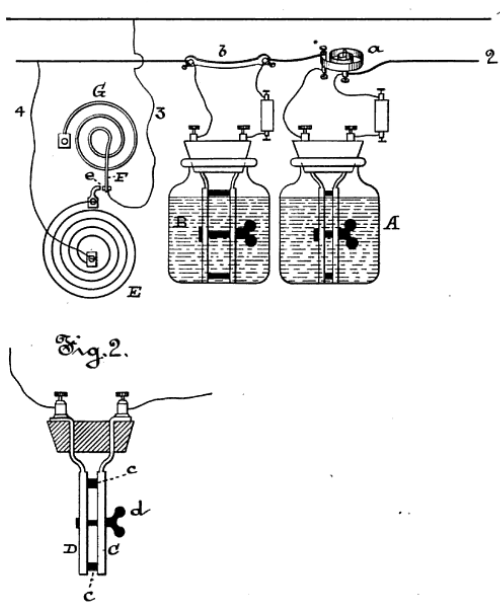
Na implementação da sua 2ª patente, Edison notou que o eletrólito podia aquecer um pouco com a passagem da corrente elétrica e este aumento de temperatura conduzia a uma diminuição da resistência elétrica da célula que, por sua vez, levava a um aumento da corrente que por ela passava. A relação entre a corrente na célula e na carga deixava de ser uma percentagem constante. Edison propôs a utilização de uma 2ª célula em série, a trabalhar com menor tensão e inserindo resistências de cobre (cujo valor aumenta com a temperatura) de modo a manter a resistência total constante com a temperatura. A célula C é de medida e a célula B é só para controlo e trabalha com menor tensão aos terminais.



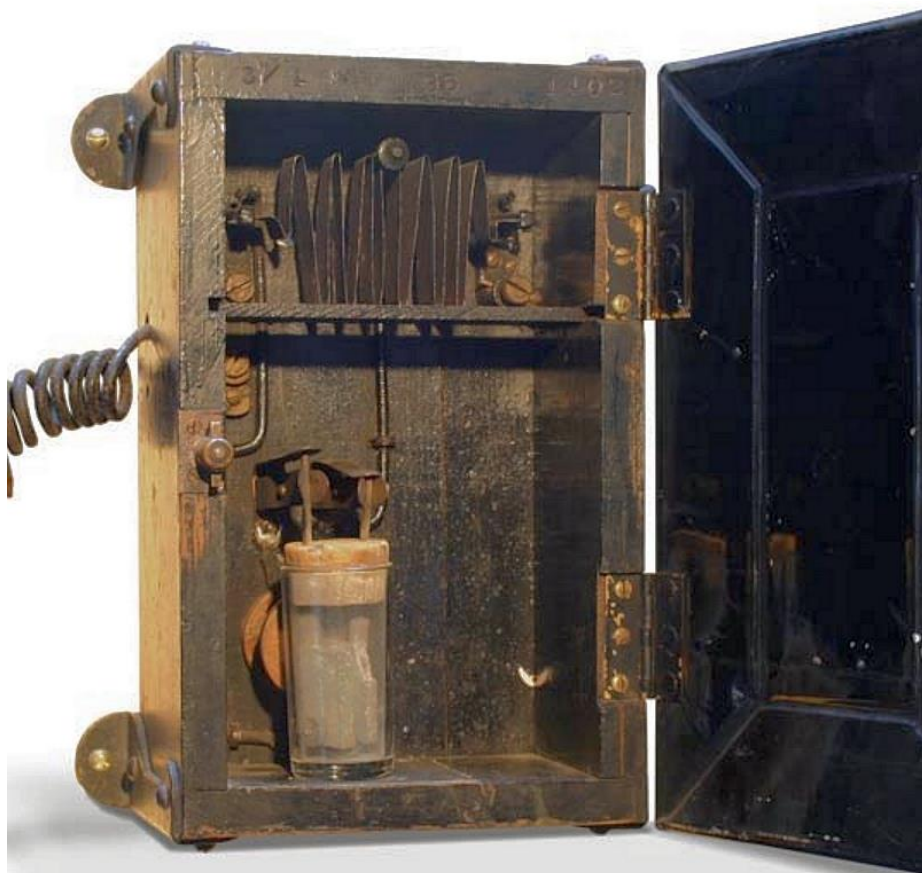
A 5ª patente (n. 251558)

Nesta patente Edison introduz, relativamente à 3ª patente, um mecanismo para que a temperatura da célula de medida não baixe muito em regiões frias, o que poderia congelar a célula de medida e torná-la inoperacional.

Edison propõe a inclusão na caixa do contador de energia de uma resistência E de carbono (cartão queimado), ligado através de um contacto interruptor, e, atuado por uma mola metálica G e que é ligada diretamente à linha de alimentação. Este conjunto produz o aquecimento da caixa do contador quando a temperatura interior desce abaixo de um certo valor. O efeito termostático é feito pela mola G que aumenta ou diminui de diâmetro de acordo com a temperatura interior, mas é ajustada para ligar quando a temperatura interior descer abaixo de 10°C acima do ponto de congelação do eletrólito, fechando o contacto e aquecendo o interior do contador. Edison, nalgumas realizações deste contador usa uma das suas lâmpadas de iluminação somente para aquecer o contador.



Na figura pode ver-se um exemplar e uma implementação das patentes de Edison de medidores de energia consumida ou gerada.



Os contadores químicos de Edison davam muitos problemas aos clientes e Edison foi obrigado a deixar que os clientes não pagassem durante quase um ano e, depois disso, recorreu a um contador químico do concorrente Elihu Thomson, semelhante ao de Edison mas que usava como eletrólito sulfato de zinco e elétrodos de zinco mas que funcionava muito melhor do que o de Edison.

Ainda em 1882 Thomson desenvolveu um contador de energia muito fiável baseado num pequeno motor DC e Edison usou nas suas instalações.

Em 1886 Edward Weston, cidadão inglês mas nos USA (o inventor das pilhas padrão e que em homenagem a Faraday deu o nome ao filho de Edward Faraday Weston) desenvolveu um contador baseado num galvanómetro de bobina móvel e num íman permanente que ficaria como padrão durante muitos anos e também Edison recorreu a este contador de energia. [Veja aqui as contribuições de Weston.](#)



Em 1881 William Edward Ayrton e John Perry dos USA propõem o contador baseado em dois pêndulos e mecanismos de relojoaria. Aron, em 1884, apresentou um contador deste tipo de que existe uma unidade no Museu Faraday do IST. Os pêndulos são excitados por bobinas de tensão e pelas bobinas de corrente colocadas por baixo de cada um; as bobinas são percorridas pela mesma corrente da carga, mas fluem em sentido contrário em cada das bobinas. Um dos pêndulos acelera e outro retarda pela ação da corrente. O contador conta as oscilações dos pêndulos proporcionais à energia consumida. O mecanismo de relojoaria, de minuto a minuto, troca a função dos pêndulos de modo a compensar as suas diferenças mecânicas.