

DA SAMFUNDET BLEV ELEKTRIFICERET

Foto: Colourbox

Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen var en afgørende forudsætning for, at man har kunnet udvikle det el-net, vi alle tager for givet i dag. Men det har langt fra været en lineær proces. Det viser et nærmere studium af de første skridt på vejen.

Om forfatteren



Henry Nielsen er lektor emeritus ved Center for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet. Et hovedemne i hans forskning har været den videnskabelige og teknologiske udvikling siden ca. 1900 med særlig fokus på elektrificeringens og atomteknologiens historie. henry.nielsen@css.au.dk

Forestil dig, at alle Danmarks elværker en vinternat bliver sat ud af funktion, for eksempel gennem et stort, velkoordineret hackerangreb. Når du vågner om morgenen og forsøger at tænde lyset, sker der ikke noget. Du famler dig i mørke hen til kaffemaskinen for at brygge en kop kaffe at styrke dig på, men den virker heller ikke. Du griber mobiltelefonen for at se nyheder eller for at komme i forbindelse med en ven, men du har desværre glemt at lade mobilen op dagen før, og nu er det det ikke længere muligt. Du styrter ud af huset og hen ad en mørklagt gade for at tage S-toget eller Letbanen ud af byen, men der kører ingen

tog, og skiltene på perronen viser heller ingen beskeder. Det er et mareridt, og det er først lige begyndt...

Hvordan det elektriske system blev til

Det moderne elektriske system, som regnes for kritisk infrastruktur i stort set alle lande på kloden, har rødder tilbage til Ørsteds og Faradays videnskabelige opdagelser i hhv. 1820 og 1831. Men vejen fra disse epokegørende opdagelser til vore dages ufatteligt komplekse elektriske system er langt fra lineær og ligetil. Det viser et nærmere studium af, hvad der faktisk skete i årene fra 1820 til 1882, hvor verdens første elværk blev indviet, og i

årene videre frem til omkring 1930, da alle industrinationer var ved at være spundet ind i et netværk af elværker, transformatorer, distributionssystemer og elforbrugende apparater hos millioner af forbrugere. Ørsteds og Faradays opdagelser var naturligvis en forudsætning for Edisons, Teslas og mange andres opfindelser. Men disse videnskabelige opdagelser var almindelig kendt af alle opfindere, der syslede med elektricitet i 1800-tallet, og det var for eksempel ikke dem, der inspirerede Edison til at gå i gang med udvikling af elektrisk belysning.

Midt i 1870'erne havde Edison etableret sig som selvstændig opfinder med eget laboratorium i

Menlo Park, hvortil var knyttet en større medarbejderstab af specialister på mange felter. At han var nået så langt, skyldtes ikke kun, at han var en kreativ person på mange områder, men også at han konsekvent gik efter projekter med betydeligt markedspotentiale. Indtil 1878 havde han mest beskæftiget sig med at udvikle og kommercialisere diverse telegrafopfindelser, men det år begyndte han på noget helt nyt.

Ideen kom til ham, da en af hans økonomiske rådgivere i foråret 1878 fortalte ham, at den helt store sensation i Paris og London det år var demonstrationer af elektrisk gadebelysning ved hjælp af selvregulerende kulbuelamper på fashionable steder i de to megapoler. Disse lamper gav et så stærkt og blændende hvidt lys fra sig, at de næsten forandrede nat til dag, og fik den velkendte gadebelysning med gaslamper til at virke håbløst gammeldags.

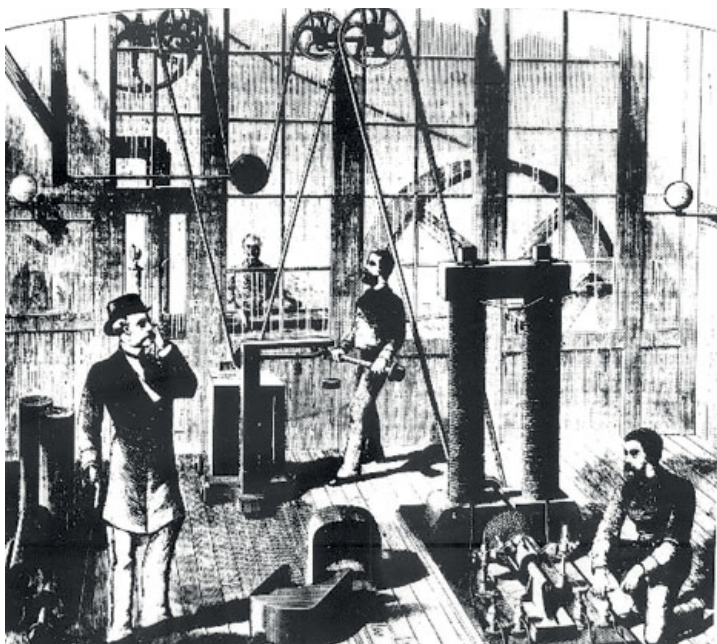
Edison indså dog, at kulbuelysene ville være uegnede som belysningskilde i almindelige beboelseshuse. Et elektrisk belysnings-system baseret på kulbuelys ville derfor kun kunne erobre mindre markedsandele fra det gassystem, der i løbet af 1800-tallet havde opnået stor udbredelse i europæiske og amerikanske storbyer, både til gadebelysning og som lyskilde i teatre, koncertsale og almindelige huse. Og det var ikke godt nok for Edison. Han besluttede at sætte alle laboratoriets ressourcer ind på at udvikle et elektrisk belysnings-system, der forhåbentligt kunne erobre en betydelig del af markedet fra det velkendte gassystem. Et system, der nok var kæmpestort, men også havde klare ulemper i form af eksplosionsfare, brandfare og lugtgener, som et elektrisk system ikke ville have.

Edisons trumfkort

Når Edison turde gå i gang med den kolossale opgave, skyldtes det især, at han sad inde med tre trumfkort, som ingen andre opfindere i



Menlo Park-medarbejderstaben i 1879. Midt på trappen ses Edison (uden vest). Hans mest uundværlige medarbejdere omfattede finmekanikeren Charles Batchelor (den skæggede person i døråbningen) og fysikeren Francis Upton (den høje person med skæg t.h. for døren).



Det amerikanske tidsskrift *Scientific American* bragte i oktober 1879 en artikel om udviklingen af elektrisk belysning i Edisons Menlo Park-laboratorium. Tegningen viser arbejdet med at perfektionere en af de dynamoer, der skulle levere strøm til de nye glødepærer.

USA kunne matche. For det første havde han sit eget forsknings- og udviklingslaboratorium med mange af de faciliteter, han kunne tænkes at få brug for. For det andet rådede han fra starten over en medarbejderstab, der omfattede nogle af verdens bedste specialister indenfor de tekniske discipliner, han vidste ville være nødvendige for opgavens løsning. Og han var parat til at ansætte flere eksperter, efterhånden som det blev nødvendigt. Endelig,

for det tredje, havde han gode forbindelser til indflydelsesrige kredse inden for pressen, kapitalen og bystyret i New York. Alle tre trumfkort fik han brug for i løbet af de fire år, der gik, inden han kunne fremvise sit demonstrationsanlæg: et fungerende elektrisk belysnings-system i bydelen omkring Pearl Street på Manhattan.

Opgaven viste sig nemlig at være både langt større og mere besvæ-



P.S. Krøyer malede i 1903-04 "Industriens Mænd" på bestilling af Polyteknisk Læreanstalts direktør, G.A. Hagemann. Billedet, der viser 53 industrifolk forsamlet på det nyindviede Østre Elværk på Østerbro, er en hyldest til de mænd, der ifølge Hagemann står bag den moderne tids tekniske fremskridt: ingeniørerne og i ganske særlig grad elektroingeniørerne. Hagemann er den lille mand (uden hat) forrest på dampmaskinen. Foto: Det Nationalhistoriske Museum, Frederiksborg Slot.

lig, end han havde forestillet sig, da han igangsatte sit projekt. Edison mente i starten, at hans elektriske system skulle bygges op omkring lamper med lav indre modstand, men de kom aldrig til at fungere ordentligt. En af hans medarbejdere, fysikeren Francis Upton, kunne desuden vise, at energitabet i et system med lav spænding ville blive alt for stort til, at systemet kunne blive rentabelt. Altså måtte hans hold af specialister i gang med at udvikle højohmslamper og dertil svarende dynamoer. På tilsvarende måde måtte der udvikles en lang række andre komponenter, såsom lampefatninger, lysekroner, kontakter, sikringer og elmålere, der passede ind i systemet. Der skulle også indrettes et kraftværk med dynamoer, som blev drevet af dampmaskiner. Der skulle graves isolerede kabler ned under fortovene, og der skulle laves de nødvendige installationer hjemme hos de tilsluttede abonnenter.

Den 4. september 1882 var der premiere. Den dag fik de første abonnenter med tilsammen 400 lamper leveret strøm fra Pearl Street-elværket. I oktober 1883 var der over 500 abonnenter med flere end 10.000 lamper tilsluttet. De første år gav anlægget underskud, men det betød ikke så meget, for Edisons anlæg repræsenterede noget nyt og moderne. Alle byer af en vis størrelse, både i USA og Europa, ville være med på elektrificeringens vogn. Det kunne de også komme ved at købe hele anlæg eller licens af det firma, Edison General Electric, som var blevet stiftet med det formål for øje. Det betød dog ikke, at gassystemet straks blev udkonkurreret, for gaseksperterne var også i stand til løbende at forbedre deres system, for eksempel med nye og mere effektive gaslys. Kampen mellem elektricitet og gas blev lang og hård, men den blev i en årrække overskygget af kampen mellem to forskellige elektriske sy-

stemteknologier: jævnstrømssystemet og vekselstrømssystemet.

Kampen mellem to elektriske systemer

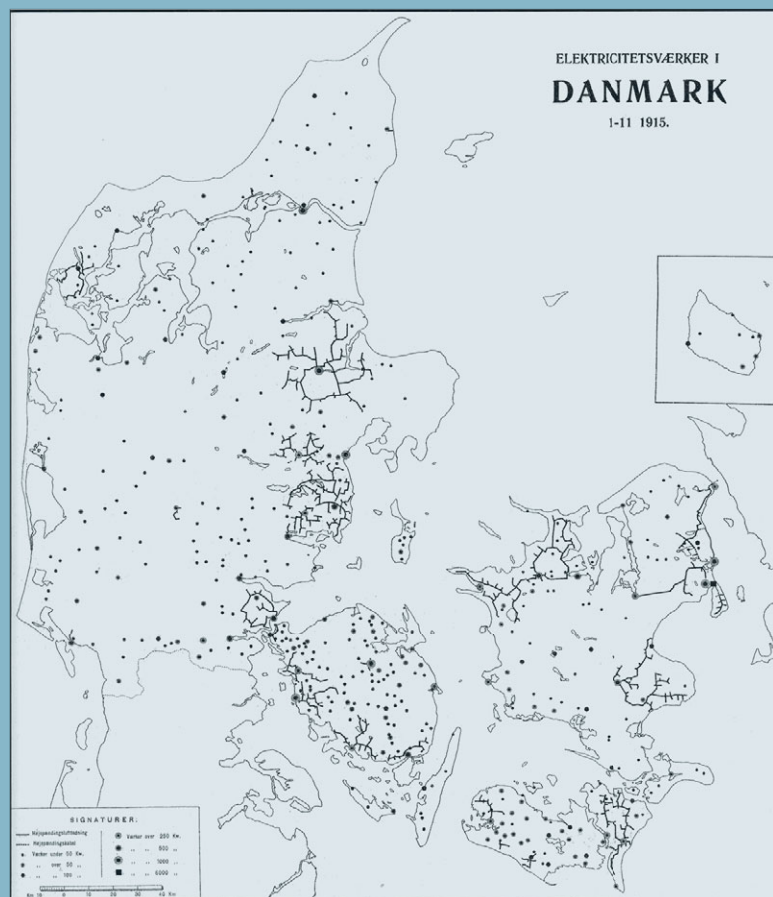
Edison svor til jævnstrøm. Hans Pearl Street-dynamoer leverede strøm med en spænding på 110 volt til abonnenterne, og det var fint, når afstanden fra elværket ud til den fjerneste forbruger kun var 1-2 km. Men økonomien ville naturligvis blive bedre, hvis værkets kapacitet kunne forøges i takt med, at man koblede abonnenter på, som boede længere væk. Det viste sig bare at være umuligt i praksis. Ligegyldigt hvad eksperterne gjorde for at optimere Edisons system, blev det ved med at være urentabelt at sende 110 volts jævnstrøm over lange afstande. Energitalet i ledningerne var og blev for stort.

Men Edison var ikke længere alene på markedet. Allerede omkring 1885 var der opstået andre firmaer, for ek-

Elektrificeringen af Danmark

I 1891 blev det indviet to små, private elværker i hhv. Præstø og Odense. Men det første lidt større, kommunale jævnstrøms-elværk blev indviet i 1892 i Gothersgade i København. Det blev en stor succes, og i de følgende år blev der bygget hundredvis af elværker i hele landet. Leden- de elektroingeniører i København gik allerede i 1907 ind for, at man af rationelle, økonomiske grunde kun skulle bygge få store, indbyrdes forbundne vekselstrøms-elværker, men den vision blev først fuldt realiseret omkring 1960! En væsentlig grund til dette var den succesfulde danske andelsbevægelses ønske om at sikre andelshaverne i de små lokalsamfund med- ejerskab af elforsyningsanlæg analogt til deres medejerskab af mejerier og brugsforeninger.

Som det ses af figuren, bestod det danske elsystem i 1915 derfor af en masse små elværker, hvoraf nogle leverede jævnstrøm, andre vekselstrøm til forbrugere i den nære omegn. Derudover var der ved at vokse større vekselstrøms-elnet frem omkring København, Randers og Aarhus/Odder, men der gik mere end 40 år, inden de kom til at omfatte hele Danmark.



sempel Westinghouse, der tilbød at levere vekselstrømsanlæg, som ikke havde det afstandsproblem, Edisons jævnstrømsanlæg var plaget af. Ved hjælp af en nyopfundet, effektiv transformator kunne Westinghouse transformere en vekselstrøm med lav spænding (for eksempel 110 eller 220 volt) og stor strømstyrke om til en vekselstrøm med høj spænding (for eksempel 10.000 volt) og lille strømstyrke, der med et meget begrænset tab kunne transporteres over store afstande til en lokalitet med et stort elektricitetsbehov. Når den højspændte vekselstrøm her blev transformeret ned igen, kunne den fordeles til de enkelte forbrugere i omegnen via komponenter, der næsten svarede til Edisons.

Det blev indledningen til en lang og hård kamp mellem de to systemer. Edison hævdede, at vekselstrøm var farligt, og han ville under ingen omstændigheder være med til at ændre noget afgørende ved sit

jævnstrømssystem. Men i løbet af få år havde Edisons firma i den grad fået kniven på struben, at andre måtte tage over. Den nye, stærke mand i selskabet blev finansmanden J.P. Morgan, der i 1892 fik gennemtrumfet, at Edisons firma blev fusioneret med et andet firma (Thomson-Houston), der sad på mange vigtige vekselstrømspatenter. Den nye gigant fik navnet General Electric, et klart vidnesbyrd om, at Edison ikke spillede nogen innovativ rolle i dette firma, der fremover ville få brug for eksperter af en anden type.

General Electric måtte nu indstille sig på at udvikle vekselstrømsteknologi, der kunne matche Westinghouses. Men derudover gjaldt det om at få den nye teknologi til at spille sammen med jævnstrømsteknologien, for på det område havde firmaet jo stor ekspertise samt enorm kapital bundet i hundredvis af lokale jævnstrømsanlæg. Det lykkedes,

hvilket betød, at kampen mellem systemerne stort set blev aflyst fra midten af 1890'erne. Fra dette tidspunkt kunne både General Electric og Westinghouse (og eksempelvis Siemens i Europa) levere elektricitetsanlæg af den type, kunderne ønskede. Først efter yderligere 50-60 år, dvs. efter anden verdenskrig, kan man sige, at vekselstrøm, transporteret over enorme afstande via højspændingsnettet, havde sejret i den lange kamp mellem de to elektriske systemer.

I dag er så godt som alle europæiske landes elværker forbundne via højspændingsnettet. Systemet er uhyre komplekst, men også meget robust. For sker der et nedbrud et sted, kan den manglende elektriske energi herfra næsten altid kompenseres af ekstra bidrag fra elværker andre steder i systemet. Nøgleordene er "næsten altid". Vi kan derfor kun håbe, at indledningens mareridtsscenario aldrig bliver til virkelighed. ■

Ydere læsning:
Keld Nielsen, Henry Nielsen og Hans Siggaard Jensen, *Skruen uden ende - Den vestlige teknologiske historie*. 3. udgave. Nyt Teknisk Forlag 2005.

Birgitte Wistoft, Flemming Petersen og Harriet M. Hansen, *Elektricitetsens århundrede*, bd. 1-2. Danske Elværkers Forening 1991-92.

Henry Nielsen og Birgitte Wistoft, *Industriens Mænd. Et Krøyer-maleris tilblivelse og industrihistoriske betydning*. Forlaget Klim 1996.