

TRANSMISIUNEA ENERGIEI ELECTRICE LA DISTANȚE MARI

Transmisiunea energiei la distanță prin ajutorul electricității este fondată pe principiul *Reversibilității* mașinilor de inducțiune. Când facem să se învârtască armătura uneia din aceste mașini furnizându-i un lucru (travail) mecanic, (prin ajutorul unei mașine cu vapori, un motor cu gaz sau prin o cădere de apă), ea dă naștere unui curent electric; dacă din contră, vom face să treacă un curent electric prin induit, mașina se va învârti și va putea produce o lucrare mecanică; în fine dacă dispunem într'un același circuit de două mașini de inducțiune, și vom face să se învârtască una din ele, cea

de a 2-a se va pune în mișcare, sub influența curentului, și va putea fi întrebuințată ast-fel pentru a produce o oare-care lucrare; cea din I-iu mașină va fi *Generatrice*, iar cea de a II-a se va numi *receptrice*. Aceste experiențe au fost realizate pentru prima oară în anul 1873 la expoziția din Viena, de către D. H. Fontaine, cu ajutorul a două mașini acuplate de sistem Gramme; una din aceste mașini era pusă în mișcare de un motor cu gaz sistem *Lenoir*, cea-l'altă era acționată de curentul celei din I-iu, punând în mișcare o pompă centrifugă sistem *Neut* și *Dumont* (fig. 1). Circuitul

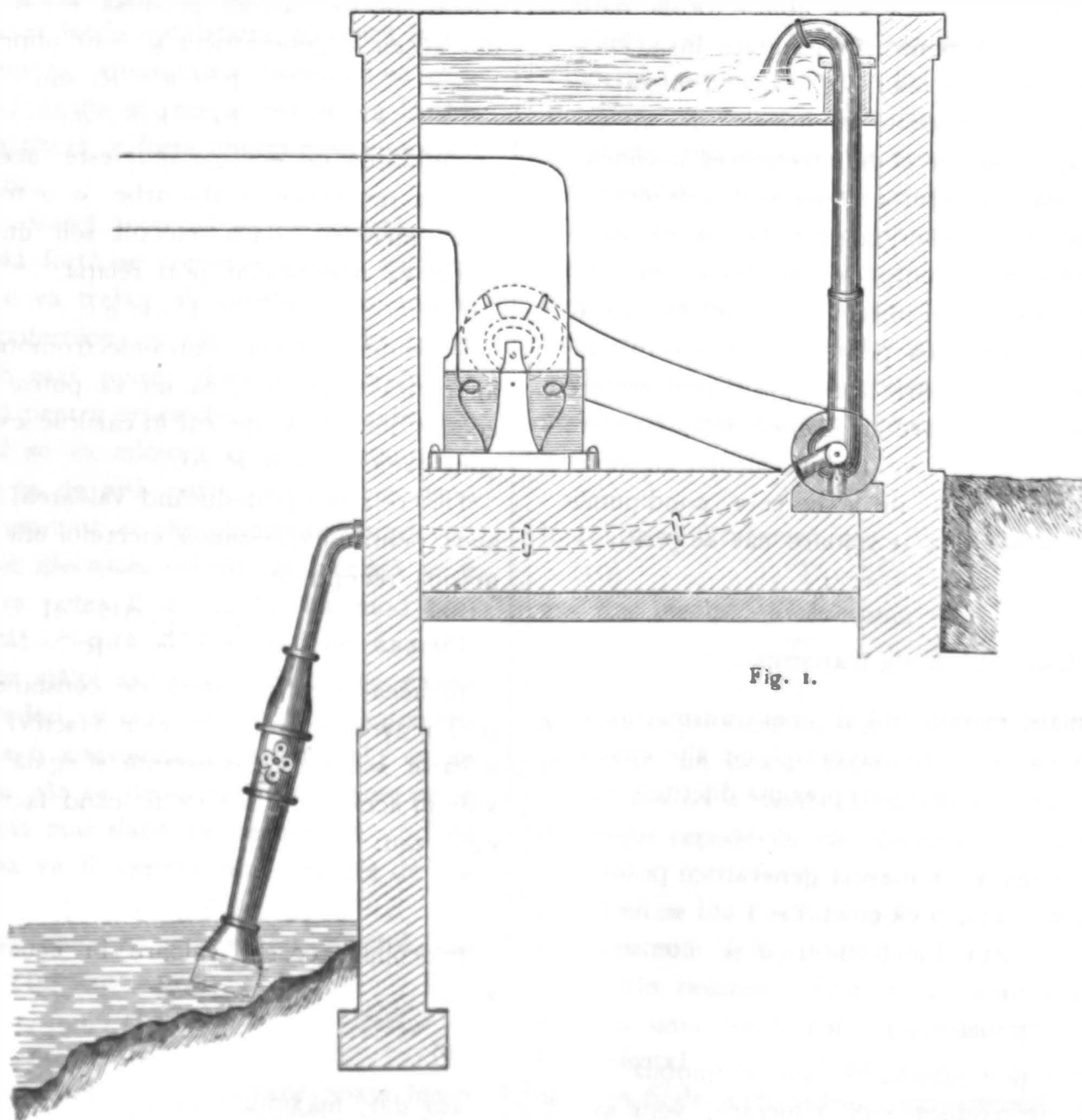


Fig. 1.

care reunește cele 2 mașini, poate să aibă o lungime mare, fără ca experiența să înceteze de a reuși. Așa dar transmisiunea electrică a energiei va permite de a utiliza la distanțe mari, numeroase forțe naturale cari sunt în mare parte neutilizate, din cauză că ele sunt situate în puncte prea depărtate de centrele comerciale, sau sunt lipsite de comunicațiuni ușoare, așa în cât va fi foarte greu de a stabili în aceste locuri, o uzină. În orice transmisiune electrică vom avea diferite pierderi provenite, fie din cauza încălzirii conductoarelor, fie din izolarea lor aproape tot-d'auna insuficientă, așa în cât în practică când este chestiunea de calculul unei transmisiuni, va fi nevoie de a ține seamă de aceste pierderi.

Cu toate aceste inconveniente s'ar părea la prima vedere, că valoarea efectului util (Rendement), n'are o importanță mare, dacă s'ar utiliza forțele naturale, cari nu costă nimic; în realitate însă, chestiunea este mai complexă; în orice proiect, va trebui să ținem seamă de cheltuelile de instalațiune, de exploatațiune și de întreținerea mașinelor și al liniei; dacă efectul util nu este suficient de mare, în acest caz energia gratuită ast fel transmisă ar costa mai scump de cât dacă am produce-o cu ajutorul unei mașini cu vaporii. De alt-fel o transmisiune electrică poate să presinte în anumite condițiuni oare-care avantagii, și prin urmare va fi de preferat, ori-care ar fi cheltuiala, cu toate acestea de multe ori, va trebui calculat cu multă îngrijire efectul util și de a cerceta condițiunile cari ar putea să'i dea o valoare cât se poate de mare.

Calculul unei transmisiuni

Să calculăm efectul util al unei transmisiuni de energie, în cazul cel mai favorabil, cu alte cuvinte neglijând imperfecțiunile cari prezintă diferitele aparate.

Să presupunem că mașina generatrice primește un lucru motor (T), și că efectul său util se fie (R); fie (E) și (I) forța Electromotrice și intensitatea curentului; vom avea

$$(1) \quad EI = KT$$

dacă vom ține mașina receptrice imobilă, așa în cât să nu producă nici o lucrare, vom avea după legea lui ohm:

$$(2) \quad \begin{aligned} E &= RI \\ EI &= RI^2 \text{ sau} \end{aligned}$$

(R) fiind rezistența totală a circuitului. Dacă, însă generatricea se învârtă, și prin urmare produce o lucrare mecanică, intensitatea curentului se micșorează și ia o valoare (i) inferioară de aceea indicată de legea lui ohm. Acest efect se poate explica fie prin augmentarea bruscă a rezistenței; fie prin producerea unei forțe contra Electromotrice, în mașina receptrice, cea din I-ia hypotesă, nu se poate justifica, căci variațiunile de temperatură datorită funcționării aparatului, sunt insuficiente, pentru a explica creșterea de rezistență care ar trebui să admitem; din contră, este foarte natural de a presupune că rotațiunea mașinei receptrice, tinde a face să se nască, un curent de sens contrariu de acela al generatricei; forța contra-Electromotrice, ast-fel produsă (e) se va scădea din aceea a generatricei și vom obține:

$$(3) \quad \begin{aligned} E - e &= Ri \text{ sau} \\ Ei &= Ri^2 + e.i \end{aligned}$$

cantitatea de energie (e.i) este aceea pe care mașina receptrice o absoarbe și o transformă în lucru mecanic; dacă efectul său util va fi (k'), lucrul va fi exprimat prin relația

$$(4) \quad T' = k'.e.i$$

se vede că forța contra-electromotrice (e) este inferioară forței (E); ea nu va putea fi egală cu aceste din urmă, de cât în cazurile extreme când vom avea: $i=0$ și $R=0$.

Din relația (3) deducând valoarea lui (i), vom avea pentru expresiunea efectului util furnizat de mașina receptrice:

$$(5) \quad T' = k' \cdot \frac{e(E-e)}{R}$$

în această relație, afară de constantele (K') (R) și (T'), avem și produsul celor 2 factori (e) și (E-e) a căror sumă este constantă și egală cu (E); maximum acestui produs va fi, când factorii săi sunt egali sau:

$$e = \frac{E}{2}$$

înlocuind această valoare în ecuația (3) vom avea:

$$(6) \quad i = \frac{E}{2R} =$$

așa dar, maximum va fi obținut când, prin rotația receptricei, intensitatea curentului se micșorează

rează de jumătate; pe de altă parte, ecuația (5) arată că lucrul util se micșorează, când rezistența (R) al circuitului, se mărește.

Efectul util electric, al unei transmisiuni propriu zise, făcând abstracțiune de efectul util al celor 2 mașini, este raportul energiei desfășurate în mașina receptrice, către energia furnizată de generatrice; cu alte cuvinte

$$(7) \quad \frac{e_i}{E_i} = \frac{e}{E}$$

prin urmare, *efectul util electric al unei transmisiuni este independent de rezistența circuitului și prin urmare de distanța celor 2 mașini.*

Această teoremă, enunțată de D. Marcel Deprez, după părerea D-lui *Julien Lefèvre*, profesor la școala de științe din Nantes, este contestată de mai mulți electricieni. În adevăr, este de însemnat, că dacă într-o instalațiune electrică facem să varieze distanța, intensitatea curentului se micșorează; de aci rezultă că recepția se va învărti cu mai puțină viteză, și forța contra-electromotrice va fi mai slabă.

Pentru că această teoremă să fie exactă, trebuie ca această forță se conserve aceeași valoare, și prin urmare va trebui să întrebuițăm mașini cu atât mai puternice, cu cât distanța de transmisiune va fi mai mare; dacă vom întrebuița aceeași mașină pentru ori-ce distanță, naturalmente că efectul util se va micșora cu cât distanța va fi mai mare; pe de altă parte această teoremă întâmpină în practică și alte obiecțiuni. În adevăr, în instalațiunile electrice, ori-cât de îngrijită va fi ea, linia nu va putea fi izolată într'un mod perfect, așa în cât ori-care ar fi modul de fixare al conductelor pe stâlpi sau sub pământ, va exista tot-d'auna pierderi, și prin urmare intensitatea curentului nu va fi constantă în tot circuitul; ea se va micșora cu cât se depărtează de generatrice și va fi cu atât mai slabă în recepție cu cât această mașină va fi așezată mai departe de cea din l-ia.

Dacă c' este valoarea intensității, efectul util electric este reprezentat prin

$$\frac{e_i'}{E_i}$$

Teorema enunțată de D-l Deprez poate lua o altă formă, în cazul cel mai simplu, când cele 2 mașini ar fi identice, și cum ele sunt parcurse de

aceiași curent, vom putea presupune că cele 2 câmpuri magnetice au aceeași intensitate și că prin urmare cele 2 forțe Electromotrice sunt proporționale cu vitezele (V) și (v) a celor 2 inducătoare sau cu numărul de rotațiuni (N) și (n) pe minut; vom avea:

$$(8) \quad \frac{e}{E} = \frac{v}{V} = \frac{n}{N}$$

în acest caz, vom putea obține efectul util electric, măsurând (N) și (n); această considerație este teoretică, căci chiar în cazul când vom avea 2 mașini identice, câmpurile lor nu pot fi de aceeași intensitate, fiind-că reacțiunea curenților asupra câmpului, nu este aceeași în cele 2 mașini.

Este interesant de a considera efectul util electric, însă în aplicațiuni aceasta este aproape indiferent; ceea-ce este important de a cunoaște în practică, este *efectul util mecanic*, cu alte cuvinte, raportul lucrului mecanic furnizat de mașina receptrice, către acela ce absoarbe generatricea.

Efectul util mecanic interesează pe industriali, de oare-ce prin ajutorul său putem vedea pierderile ce se produc într-o transmisiune, forța care trebuie întrebuițată la început putem a obține o lucrare determinată; în fine cunoștința sa permite de a vedea, dacă în cazul considerat, transmisiunea electrică este preferabilă celor-lalte proceduri. Lucrul furnizat generatricei este exprimat prin :

$$(9) \quad k T = E i$$

lucrul care furnizează recepția este

$$(10) \quad T' = k' . e . i .$$

asa dar efectul util mecanic va fi :

$$(11) \quad \frac{T'}{T} = k . k' . \frac{e}{E}$$

această expresiune nu ține seamă de pierderile provenite din cauza aparatelor electrice.

D-l *Boisiel* a verificat, că efectul util mecanic, descrește repede cu cât distanța se mărește, cu ajutorul a 2 mașini *Siemens*, identice, putând produce cu o viteză de 900 de rotațiuni, un curent de 168 Volți, și 58,5 amperi, pe un circuit puțin resistant. Reunind aceste mașini prin ajutorul unui conductor de rezistență neglijabilă, efectul util mecanic este de 54%; acest efect va fi de 41% când vom intercala o rezistență exterioară de 0,50 ohm, echivalând cu un conductor de 416 metri, și de 4, 5 de diametru.

Exemplu practic.

Calculule ce preced au condus la rezultatele obținute de D-l Marcel Deprez, și care se rezumă astfel :

1) Efectul util electric al unei transmisiuni este $\left(\frac{e}{E}\right)$; este prin urmare independent de distanța, când vom alege mașini care să menție raportul de mai sus constant ; de alt-fel. în practică această constanță nu se poate realiza, din cauza greutatei cu care se poate izola linia.

2) Efectul util mecanic, este independent de distanță, dacă forțele Electromotrice (E) și (e) variază proporțional cu rădăcina pătrată a rezistenței totale.

Pentru a arăta într'un mod clar în ce condițiuni, transportul electric al energiei poate să fie avantajos, vom lua un exemplu numeric împrumutat de la D-l Hypolite Fontaine, și care se apropie de condițiunile ordinare ale practicei. Să presupunem o forță de 40 de cai să se transporte la 3 kilometri. Pentru a avea un serviciu regulat, și de lungă durată, experiența a arătat, că nu putem face să se învârtască mașina generatrice cu o viteză mai mare de cât 1000 de rotațiuni mici ca ea să desfășure o forță electromotrice superioară de 1500 volți ; forța furnizată mașinii, fiind de 40 de cai sau 3000 kilogramometri, intensitatea exprimată în amperi este dată prin

$$T = \frac{EI}{G} \text{ sau}$$

$$3000 = \frac{1500 \cdot I}{9,81} \text{ de unde}$$

$$I = 19,62 \text{ amperi.}$$

Să considerăm 20 de amperi pentru a simplifica calculele: o parte din acest curent este absorbit de generatrice prin încăldire. Mașina dinamo-electrică de sistem Gramme constituită pentru a furniza o forță electromotrice de 1500 volți, are o rezistență interioară de 10 ohmi; așa, dar ele consumă sub formă de căldură o cantitate de energie egală cu $\frac{rI^2}{g}$ sau $\frac{10 \times 20^2}{9,81}$ cea ce face a-

proape 4000 kilogramometri. Numeroasele experiențe au arătat că frecările mecanice și alte cauze accesorii, absorb aproape 10%, sau 300 kilo-

gramometri; așa în cât pierdere totală în generatrice este de 700 kilogramometri, iar circuitul exterior primește 2300 kilogramometri, prin urmare diferența de potential al generatricei este :

$$e = \frac{t \cdot g}{I} = \frac{2300 \times 9,81}{20} = 1128 \text{ volți.}$$

$$\text{în care } t = \frac{e \cdot I}{g}$$

înainte de a examina pierdere datorită liniei, să examinăm aceia provenită de la receptrice. D-l Fontaine întrebuintează o receptrice identică cu mașina generatrice; în acest caz pierdere provenită din cauza frecărilor de tot felul, va fi mai mică de cât în generatrice, vitesa și lucrul, fiind ele înșile mai mici; vom putea admite 200 de kilogramometri, prin urmare mașina receptrice va absorbi 600 kilogramometri, și cele 2 mașini împreună 1300 kilogramometri.

Ne rămâne să considerăm influența liniei care variază cu diametrul său; va fi dar necesar de a determina acest diametru după efectul util ce voim să obținem. Dacă voim să transmitem 18 cai sau 1350 de kilogramometri; rezistența liniei ei va trebui să nu fie mai mare de cât :

$$R = \frac{t' \cdot g}{I^2} = \frac{350 \times 9,71}{400} = 8,6 \text{ ohmi.}$$

Linia având 6000 de metri (dusu și întorsu) va trebui un conductor de aramă de $11 \frac{m}{m^2}$, al căreia greutate va fi 624 kilograme și al cărui preț este 6240 de franci; prețul mediu fiind de 10 franci kilogramul.

Pentru a transmite o forță de 20 cai vom găsi că ne va trebui un conductor de $20 \frac{m}{m^2}$ cântărind 1080 kilograme, și costând 10800 franci; aceste exemple corespund la efectele utile de 45 și 50%.

Este posibil de a ne da seama de rezultatele precedente cu ajutorul unei construcțiuni geometrice. În adevăr am stabilit că :

$$KT = E \cdot i$$

$$T' = K' \cdot E \cdot i$$

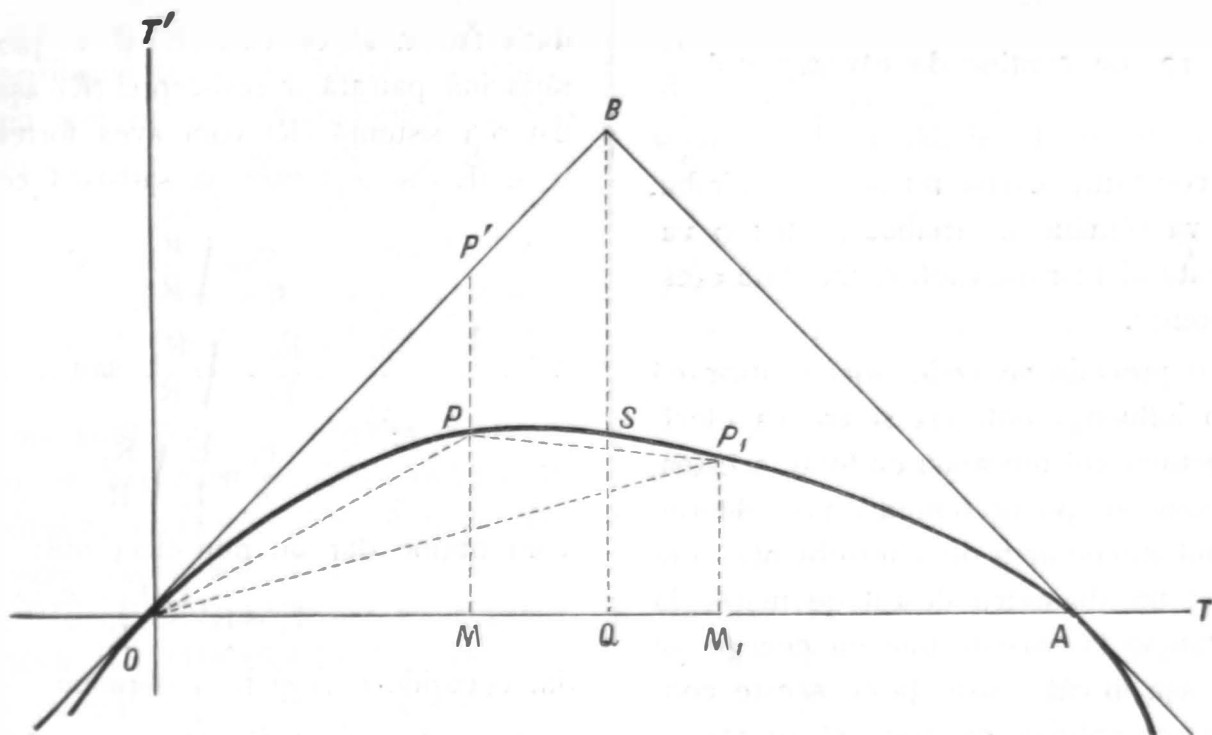
$$Ei = Ri^2 + e \cdot i$$

eliminând (e) și (i) între aceste 3 ecuațiuni vom obține :

$$(12) \quad RL^2K'T^2 - KKT'E^2 + E^4T'I = 0$$

considerând (T) ca abscese și (T') ca ordonate, această ecuație reprezintă o parabolă a cărei axă

verticală care trece prin origine tăind axa T la o distanță $\frac{E^2}{KR}$. (Fig. 2).



Această curbă presupune valori determinate de (E) și de (R); pentru un punct oare-care abscisă OM reprezintă lucrul absorbit de generatrice, iar ordonata (MP), lucrul util formizat de receptrice.

Efectul util mecanic este egal cu $\frac{MP}{OM}$; el este figurat prin tangenta trigonometrică al unghiului POM și variază cu acest unghi.

Se vede foarte clar că cea mai mare valoare a lucrului util este reprezentat prin (QS) și corespunde cu valoarea (OQ) al lucrului util, cu alte cuvinte:

$$(13) \quad T = \frac{E^2}{2QR} \text{ sau}$$

$$(14) \quad i = \frac{E}{2R}.$$

La fie-care valoare (OM) a lucrului motor, corespunde o singură valoare (MP) a lucrului util; dar dacă ni se dă o valoare $MP = M, P_1$ al lucrului util; se vede că poate fi obținută prin 2 valori (OM) și OM_1 a lucrului motor; este evident că în practică se va lua cea mai mică valoare de (OM) fiind-că ne va da un efect util mai considerabil; așa dar singura parte a curbei utile de considerat, este (OS); peste acest punct, lucrul util descrește, cu cât lucrul motor se mărește; în această parte a curbei se vede că efectul util este

mai mare, pentru punctele vecine cu originea; așa dar valoarea sa s'ar augmenta, cu cât vom diminua lucrul motor și lucrul util.

Este evident că practica nu poate să ție seamă de această condițiune căci având în vedere cheltuiala de instalațiune și de întreținere a mașinilor, va fi avantajos de a transmite cea mai mare cantitate posibilă de lucru.

Linia (OB) tangentă la curbă în punctul de origine are drept ecuațiune:

$$(15) \quad y = k.k'x.$$

Se vede, dar, că efectul util mecanic nu poate să întrecă produsul efectelor utile a celor 2 mașini, cu alte cuvinte, efectul util electric este inferior lui (1); pe de altă parte:

$$(16) \quad MP' = K.K''T$$

$$(17) \quad MP = T' \text{ așa dar}$$

$$(18) \quad PP' = K.K'T - T' = K' R. i^2$$

distanța (PP') este dar proporțională cu pierderea de energie prin încălzirea conductorului; se vede că această pierdere crește cu (OM), însă mai repede de cât (OM), ceea ce explică micșorarea efectului util.

Până acum am presupus (E) și (R) invariabile; dacă acum vom face să crească (E), parabola își va schimba forma, și va tăia axa lui (T) mai departe; lucrul util (T') și efectul util, se vor mări;

vom avea același rezultat dacă facem să descrească (R); dacă însă (E) și (R) variază în același timp, problema va deveni mai complexă; cu toate acestea există un caz simplu:

Ecuatiunea (12) nu conține de cât raportul $\frac{E^2}{R}$

dacă facem să varieze (E) și (R) așa în cât acest raport să fie constant, curba nu se va schimba, și efectul util va rămâne invariabil, pentru o valoare determinată al lucrului motor, cu toată creșterea de rezistențe.

Din ceea ce precede se vede foarte ușor că distanța are o influență notabilă și are ca efect, micșorarea efectului util mecanic; cu toate acestea, acest inconvenient se poate remedia prin diferite mijloace. Primul mijloc ar fi de a întrebuița conductoare având un diametru destul de mare, în raport cu distanța, la care trebuie cu energie să fie transmisă; așa în cât rezistența ce aceste conductoare opun curentului electric, să se micșoreze cât se poate de mult; de alt-fel această considerație se poate vedea din formula rezistenței:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

cu alte cuvinte cu cât secțiunea (S) a conductorului va fi mai mare, cu atât rezistența lui va fi mai mică; cu toate acestea acest procedeu foarte simplu, este adesea ori inaplicabil, fiind-că cu cât lungimea liniei și diametrul său va fi mai mare, cu atât cheltuelile de prima instalațiune vor fi mai considerabile, și prin urmare în fața acestor considerațiuni un industrial trebuie să se oprească.

Acest procedeu a fost propus de către D-l *Maurice Levy* în Februarie 1882 la Academia de științe, iar D-l *Boistel* a citat la Societatea inginerilor civili din Franța, exemplul următor:

Pentru exploatarea unor mine din Peru era nevoie de a se transporta o forță de 200 de cai la o distanță de 50 kilometri cu un efect util de 33%; cheltuelile prevăzute pentru mașini erau de 300,000 de franci, prețul conductorilor se ridica la 1,625,000 de franci, iar instalația complectă costă 1,925,000 de franci; din acest exemplu se vede, că grosimea conductoarelor, exige cheltueli prea considerabile, și cu modul acesta realizarea unui ast-fel de proiect este cu totul imposibilă. Un alt sistem, propus de către D-l *Marcel Deprez*, este întrebuițarea

tensiunilor ridicate; în adevăr, am arătat că efectul util este:

$$T' = k' \frac{e(E - e)}{R}$$

dacă facem să crească (E) și (e) proporțional cu rădăcina patrată a rezistenței (R) așa în cât pentru o rezistență (R) vom avea forțele electromotrice (E_1) și (e_1) care să satisfacă ecuațiunile:

$$\frac{e_1}{e} = \sqrt{\frac{R_1}{R}} \quad \text{și}$$

$$\frac{E_1}{E} = \sqrt{\frac{R_1}{R}} \quad \text{sau}$$

$$\frac{e_1}{e} = \frac{E_1}{E} \sqrt{\frac{R_1}{R}}$$

vom obține dar un nou efect util:

$$T'_1 = K' \cdot \frac{e_1(E_1 - e_1)}{R_1} \quad \text{în adevăr}$$

din ecuațiile () și () obținem:

$$e = e_1 \sqrt{\frac{R_1}{R}} \quad \text{și} \quad E = E_1 \sqrt{\frac{R_1}{R}}$$

înlocuind aceste valori cu relația vom avea:

$$T'_1 = k' \frac{e_1 \sqrt{\frac{R_1}{R}} \left[E_1 \sqrt{\frac{R_1}{R}} - e_1 \sqrt{\frac{R_1}{R}} \right]}{R_1} = \frac{e_1 \cdot \frac{R_1}{R} \cdot (E - e)}{R_1}$$

se vede dar foarte clar că dacă (E) și (e) variază proporțional cu rezistența (R); efectul util electric al liniei va rămâne constant. Sistemul tensiunilor înalte, are ca consecință micșorarea intensității curentului, ceea ce este foarte avantajos, de oarece vom micșora în același timp energia (Rc^2) transformată în căldură de-a lungul conductorului, și care în realitate constituie o pierdere; însă întrebuițarea acestor tensiuni ridicate precum 2000 3000 volți, și chiar de 8000 sau de 10 000 de volți după cum a propus D-l Deprez, nu este ușoară și presintă chiar pericole serioase. Este posibil de a se evita aceste pericole printr-o reglementație severă și prin precauțiuni suficiente, cu toate că chestiunea este destul de complicată, de oarece aceste precauțiuni trebuiesc aplicate atât mașinelor cât și liniei întregi.

Există mai multe mijloace pentru a obține tensiuni înalte; adică sau prin mărirea vitezei de ro-

tațiune a mașini, sau a construi mașini de dimensiuni mari, sau în fine prin a dispune în serie mai multe mașini mici. Astăzi pentru transportul energiei electrice la distanțe mari se întrebuintează curenți poly-fasici, iar în locul de utilizare a energiei, vom transforma tensiunea înaltă cu tensiunea mică, prin ajutorul unor transformatori. Mașinele dynamo cu curenți alternativi, produc direct tensiuni înalte; ast-fel dynamo de sistem *Ferranti* de 1500 cai instalată la Uzina din Deptford de lângă Londra, furnizează direct o tensiune eficace de 10,000 de volți, cu un debit de 100 de Amperi.

De asemenea vom putea întrebuinta o mașină generatrice cu tensiune mică, transformând această tensiune în tensiune înaltă prin ajutorul unui *transformator elevator*. Acest sistem oferă o mare siguranță pentru personalul însărcinat cu supravegherea mașinelor și al tabloului de distribuție; mașina dynamo generatrice, poate fi atinsă de electrician în mișcarea sa fără nici un pericol, iar transformatorul ne având nici o forță mobilă, nu exige aproape nici o supraveghere, și prin urmare poate fi chiar închis pentru al sustrage de a fi atins; în fine, afară de electrometrul care poate să fie util de a fi așezat pe circuitul de tensiune înaltă, și care se va instala în așa mod în cât orice parte, care va fi în comunicație cu curentul electric să nu fie atins, cele-lalte aparate al tabloului precum, voltmetru, ampermetru, și întreruptoarele, poate să fie dispuse pe circuitul generatricei și pe excitațiunea sa

S'a reproșat acestei metode de producțiune indirectă al tensiuni înalte următoarele:

- 1) Augmentarea prețului de prima instalație, rezultând din prețul unui transformator elevator;
- 2) Diminuarea efectului util final.

Pentru câte-va sisteme de dynamo, prețul suplimentar al transformatorului, este în mare parte compensat prin economia realizată de generatrice cu tensiunea mică; în ce privește a 2-a obiecțiune, putem răspunde, că se poate construi, după cum a făcut D. *Brown*, un dynamo cu tensiune mică, al cărui effect util, să fie mai ridicat, de cât acela al unui dynamo construit pentru tensiune înaltă, și prin urmare de a compensa pierderea antrenată prin adjoințiunea unui transformator.

În anii din urmă s'a făcut mai înalte experiențe

și chiar aplicațiuni industriale pentru transportul energiei electrice la distanțe mari de către D-nii Deprez și Fontaine, precum experiențele de la expoziția de Electricitate de la Munchen în anul 1882, de la Grenoble, de la Viena în anul 1873, transmisiunea între Kriegstetten și Soleure, executată în 1886 de către societatea atelierelor din Oerlikon.

S'a instalat la Kriegstetten o cădere de apă, de o putere de 50 de cai, culeasă de o turbină care acționa 2 mașini dynamo identice de sistem Brown, reunite în serie, făcând 700 de rotațiuni pe minut și dând o diferență de potențial de 1753,3 volți, cu o intensitate de 11,474 amperi. Linia avea o lungime de 8 kilometri, formată din 3 fire de aramă de $6^m/m$ de diametru; acești conducători erau susținuți de 180 de stâlpi de lemn, și fixați de izolatori de sistem Johnson și Philips; rezistența totală a liniei era 9,228 ohmi. Stațiunea receptrice era așezată la Soleure, și coprindea 2 mașini dynamo identice reunite în serie, cea mai mică, și mai puțin puternice de cât cele din I-iu.

Măsurile electrice și mecanice cari au fost făcute la 11 și 12 Octombrie 1887 de către o comisiune compusă din D-nii Amsler, Hagenbuch, Keller, Veith, și Veber, au dat un efect util industrial de 75,2%.

În anul 1887, aceeași societate a stabilit o transmisiune electrică între Thorenberg și Lucerna, pentru luminatul electric al Lucernei, în fine o aplicațiune cu totul industrială este transportul și distribuția energiei electrice la Heilbronn-pe-Neckar.

Heilbronn este un oraș (Wurtemberg) industrial de aproape 31 000 de suflete. Uzina electrică era stabilită la Lauffen-pe-Neckar într-o fabrică de Ciment-portland, la o distanță de aproape 10 kilometri de Heilbronn; această fabrică posedă o cădere de apă de 1500 cai, dintre care 600 sunt utilizați pentru fabricația cimentului. Această instalație a fost cauza determinației pentru încercările de transport al energiei de la Lauffen la Expoziția din Francfort în 1891.

Uzina generatrice coprinde actualmente 2 turbine de câte 300 de cai fie-care, construite de atelierelor din Geislingen; s'a rezervat de asemeni un loc pentru a 3-a turbină. Aceste turbine funcționează sub o cădere de apă de $3^m,85$, viteș lor unghiulară este de 35 de rotațiuni pe minut;

fie-care turbină acționează o mașină generatrice de sistem Brown cu curenți trifasici, construită de atelierele din Oerlikon; fie-care generatrice naște un curent de 4000 de amperi, sub o tensiune de 50 de volți; cea-ce face o putere de 200 kilometri. Curentul de excitație este furnizat de niște mașini mici de sistem Gramme bipolare, acționate fie-care de o turbină specială. Fie-care generatrice, are mașina sa excitatrice proprie, producând un curent de 20 de amperi, sub o tensiune de 60 de volți. Puterea cheltuită în bobina inductrice al alternatorului este de aproape 1200 Watti; efectul util industrial indicat de constructori este de 96%.

Curentul sub tensiunea de 50 de volți este condus prin 3 fire groase, la tabloul de distribuție construit de către Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft din Berlin, și care conține Voltmetrele, Ampermetru, și intreruptoarele celor 2 generatrice.

Intreruptoarele principale tae, prin ruptură bruscă trei curenți de 1300 amperi, pe cele 3 circuite.

Stațiunea generatrice conține încă 2 transformatoare de 200 kilometri, care transformă curentul de 4000 de Amperi și 50 de volți al unei generatrice, într'un curent de aproape 40 de amperi și 5 mii de volți. Bobinagiu în fir gros al acestor transformatori, sunt în comunicație cu tabloul de distribuție prin 6 cable de 29 milimetri de diametru. Conductoarele de tensiune înaltă, sunt înfășurate la eșirea lor din transformator în tuburi de sticlă. Linia primară, care leagă uzina de la Lauffen, cu sub-stațiunea Heilbronn, este aeriană; ea se compune din 3 fire de aramă de $6^m/m$ diametru, având fie-care o desfășurare de 11 kilometri; în cursul său linia alimentează

Sonthheim, unde câte-va transformatoare instalate în podul caselor, transformă direct curentul de 5000 de volți în 100 de volți.

La extremitatea sa, linia primară se oprește la o sub-stațiune în împrejurimile orașului Heilbronn, unde într'o construcție specială se găsește așezat un transformator de 200 kilometri, care transformă tensiunea curentului primar în 1500 de volți, este condus de această sub-stațiune în centrul orașului Heilbronn, cu ajutorul unui cablu subteran de 3 fire, ridicarea (reducțiunea) tensiunii, are ca scop, de a nu introduce în oraș o tensiune prea înaltă și în același timp de a micșora dificultățile de izolare al rețelei subterane. În centrul orașului, curentul se distribuie într'o serie de feedere, cari parcurg principalele artere, și deservind transformatoarele repartizate aproape în 20 de stațiuni secundare.

Cablul pentru tensiunea înaltă este constituit de D-nii Siemens și Halske din Berlin. Aceste stațiuni sunt formate din kioscuri, care conține un tablou de distribuție la care este fixat cablul de 1500 de volți, și care poartă în același timp conductoarele de distribuție de 100 de volți, curentul electric a fost transmis la Heilbronn pentru prima oară la 10 Ianuarie 1892; iar instalația este exploatată regulat la 1 Aprilie acelaș an. Actualmente curentul alimentează 2000 de lămpi de 16 lumînări, 40 de lămpi cu arc, și 20 de motoare; energia consumată; este măsurată cu un comptor sistem Aron.

Această instalație funcționează într'un mod regulat, fără să fi cauzat vre-un accident, sau vr'o derangiere de material.

G. H. Vartanovici

Inginer.

