

Teslas Drehstrom-System

Zwei Hauptepochen der Electrotechnik

Wenn wir die Entwicklung der Electrotechnik betrachten, können wir sagen, dass zwei Hauptepochen bestehen: Die erste beruht auf der Entdeckung des fundamentalen Gesetzes der elektromagnetischen Induction und gipfelt im Kampf um den Gleichstrom, die zweite auf der Entdeckung des Drehfeldes und der Drehstrom-Kraftübertragung mit dem Sieg des Mehrphasen-Wechselstroms.

Die erste Epoche der modernen Electrotechnik beginnt mit dem Jahre 1831, als der grosse englische Forscher Michael Faraday seine Entdeckung der electromagnetischen Induction gemacht hat, welche darin besteht, dass in einem geschlossenen Leiter im wechselnden magnetischen Felde electricer Strom induziert wird.

Faraday war der erste der auf die Idee kam, eine Dynamo-Maschine zu konstruieren und gleich, nachdem seine Arbeiten bekannt wurden, hat sich die wissenschaftliche Welt in allen führenden Kulturländern dem Problem der Dynamo-Maschine gewidmet. Um eine Dynamo-Maschine zu befähigen, immer unter denselben Bedingungen zu arbeiten, war es notwendig, die relativen Bewegungen ihrer Teile so einzurichten dass sie periodischen Charakter haben. Eine solche Bewegung kann in kontinuierlicher Drehung, oder in geradliniger Bewegung, oder in pendelnder Oszillierung bestehen. Bei der practischen Ausführung der Dynamo-Maschine ist die kontinuierliche Bewegung ausschliesslich zur Geltung gekommen und zwar wegen der Einfachheit der Organe der Maschine und der Gleichmässigkeit, die Hauptbedingung bei solcher Maschine ist. Bei elektrischen Maschinen dieser Type unterscheiden wir zwei Haupttheile: einen unbeweglichen, der Stator und einen beweglichen, der Rotor benannt wird.

Wir haben zwei Arten von Dynamo-Maschinen und demzufolge auch zwei Stromarten, nämlich den Gleichstrom und den Wechselstrom.

Wir wollen sofort vorausnehmen, dass die auf dem Gesetz der Induction beruhende Dynamo-Maschine den Wechselstrom erzeugt; zur Erzeugung des Gleichstroms ist es erforderlich dieselbe mit dem sogenannten Kommutator auszurüsten, welcher die Funktion hat,

den in der Maschine erzeugten Wechselstrom im äusseren Stromkreis immer in gleicher Richtung zu senden, also gleichzurichten. Fast alle bekannten Wissenschaftler haben vor der Teslaschen Entdeckung des Drehfeldes und des Teslaschen Inductionsmotors die Entwicklung der Gleichstrommaschine angestrebt, weil sie alle die Meinung vertraten, dass die Zukunft dem Gleichstrom gehört.

Die ersten Maschinen dieser Art waren magnet-elektrische Maschinen, bei welchen sich der Rotor zwischen permanenten Magnetpolen bewegte. Der Elektromagnet ist im Jahre 1825 erfunden und erst 1851 hat Sinsteden gezeigt, dass man die Energie einer elektrischen Maschine wesentlich vergrössern kann, wenn man den Strom einer magnet-elektrischen Maschine für die Erregung der Elektromagnete des Stators ausnutzt. Diese Idee hat Wilde 1862 praktisch ausgenutzt, indem er die erste Rotorwicklung von Pacinotti aus dem Jahre 1860 verwendete, welche ermöglichte, den Gleichstrom konstanter Stärke zu erzeugen.

Von viel grösserer Bedeutung für den Bau der Dynamo-Maschine war das von Werner Siemens 1867 entdeckte Prinzip welches von ihm dynamoelectrisches Prinzip genannt wurde. Der belgische Erfinder Gramme konstruierte auf Grund dieser Vorarbeiten 1871 die praktische Dynamo-Maschine, welche im Stande war den Gleichstrom genügender Energie für Industriezwecke zu erzeugen.

Der Kommutator war bei den ersten Maschinen ein sehr umständlicher Apparat, welcher im Betriebe grosse Schwierigkeiten verursachte und den regelmaessigen Betrieb der Gleichstrom-Maschine fast unmöglich machte. Für die Industrie und ebenso für die Wissenschaft entstand so das grosse Problem, wie man diese Schwierigkeiten überwinden kann, also das Problem der Kommutation.

Infolge dessen befasste man sich auch mit der Idee Wechselstrom-Generatoren zu bauen, jedoch ohne Erfolg, weil man zum Wechselstrom kein Vertrauen hatte, denn alle führenden Köpfe der Electrotechnik kämpften überzeugt für den Gleichstrom, als den einzig möglichen Strom für Industriezwecke, speziell für die elektrochemische Industrie, welche bis dahin den galvanischen Strom verwendete. Wechselstrom-Dynamo-Maschinen wurden gleich am Anfang aufgegeben und erst mit der Erfindung des Transformators erhielten sie etwas grösseren praktischen Wert.

Entscheidend für die Durchsetzung der Gleichstrom-Maschine war, dass sie in derselben Konstruktion auch als Elektromotor verwendet werden konnte. Der Gleichstrommotor hat grosse Vorteile, dass er für alle praktisch notwendigen Umdrehungszahlen gebaut werden kann, dass die Regulierung der Umdrehungszahl und ebenso die Änderung der Drehrichtung sehr einfach ist. Der Gleichstrommotor und mit ihm der Gleichstrom wurden daher für die Industrie

ausgenutzt, ebenso aber auch für kleine Kraftübertragungen auf kleine Entfernungen, für Strassenbahnbetrieb und so gewann der Gleichstrom immer breiteres Wirkungsfeld.

Mit dieser Entwicklung erschien jedoch ein weiteres Bedürfnis, ein weiteres Problem nämlich, die Übertragung der elektrischen Energie auf grosse Entfernungen. Hierzu brauchte man, wie das zuerst Marcel Deprez 1880 festgestellt hat, hohe Spannungen; mit Gleichstrom war es jedoch nicht möglich practisch genügend hohe Spannungen zu erzeugen. Vor der Wissenschaft standen also grosse Probleme: Das Problem der Kommutation und das Problem der Hochspannungserzeugung mit Gleichstrom-Maschinen. Viel Energie und ebensoviel Zeit wurden für die Lösung dieser Probleme verwendet, denn führende Fachleute standen ausharrend auf dem Standpunkte, dass die Zukunft auch bei Kraftübertragungen dem Gleichstrom gehört.

Nach langen vergeblichen Versuchen in dieser Richtung — es ist bekannt, dass Marcel Deprez grosse Versuche mit Gleichstrom-Kraftübertragungen 1882 und 1886 angestellt hat — fing man wieder an an den Wechselstrom zu denken, als der französische Ingenieur Gaulard und Gibbs 1882 und die ungarischen Zipernowsky, Deri und Blathi 1884 den Transformator für den Einphasen-Wechselstrom erfanden. Dieses kurze Aufflackern des Interesses für den Wechselstrom verschwand jedoch sehr schnell, weil es nicht möglich war einen Wechselstrommotor zu bauen, der für Industriezwecke verwendet werden konnte. Die ganze Fachwelt wendete sich wieder dem Gleichstrom zu und machte weitere Anstrengungen, um den Gleichstrom für Kraftübertragungszwecke auszugestalten.

In mitten dieser grössten Anstrengungen, kam jedoch *Nikola Tesla*, der geniale jugoslawische Forscher, Entdecker und Erfinder mit seiner grossen Entdeckung des Drehfeldes, die den Sieg des Wechselstroms brachte und eröffnete somit die zweite Epoche der Elektrotechnik, welche in der allgemeinen Einführung des Drehstrom-Systems in der ganzen Welt zum Ausdruck kam. Der Gleichstrom verschwand in sehr kurzer Zeit fast vollständig aus der Industrie und der Elektrotechnik.

Teslas Verdienste für die zweite Epoche der Elektrotechnik bestehen nicht nur darin, dass er das Drehfeld entdeckte und den Induktionsmotor erfand, sondern vielmehr darin, dass er sich mit schöpferischer Kraft für die generelle Einführung des Drehstrom-Systems einsetzte und demselben durch die erste grosse Hydrozentrale an den Niagarafällen auch zum vollen Sieg verhalf. Wesentlich für diesen Sieg war auch die Versuchs-Kraftübertragung bei Frankfurt a. M. 1891, wo zum ersten male in einem grösseren Masstabe die ungeheuerere

Überlegenheit des Drehstrom-Systems *Teslas* gegenüber dem Gleichstrom System praktisch bewiesen wurde.

Die Entdeckung des Drehfeldes machte *Tesla* im Jahre 1882 als junger Ingenieur, nachdem er als Student bereits jahrelang mit der Lösung des Problems der Kraftübertragung mit Wechselstrom beschäftigt war; zur vollen Geltung kamen aber seine Ideen erst im Jahre 1887, als er in Amerika verschiedene grundlegende Patente für die Drehstrom-Kraftübertragung und für den Induktionsmotor anmeldete. Diese Patente umfassen das ganze Drehstrom-System, einschliesslich Drehstrom-Generatoren, Transformatoren und Motoren und stellen ein vollkommenes System dar, welches praktisch sofort ausgenutzt werden konnte. Die bekannte Firma Westinghouse in Amerika war die erste, die die umwälzende Bedeutung des *Tesla*-schen Drehstrom-Systems für Kraftübertragungszwecke erkannte und nach ihr warf sich die ganze elektrische Industrie ans Werk um dieses System zu entwickeln und praktisch zu verwerten.

Weiteres grundlegendes Werk *Teslas* in der Starkstromtechnik ist die Verwendung des Öls für Transformatoren, welches eine schnelle Entwicklung der Hochspannungstechnik ermöglichte.

Nur der grundlegenden Entdeckung *Teslas* und seinen vielen Erfindungen ist die heutige gewaltige Entwicklung der Elektrotechnik zu verdanken, die in einigen Jahrzehnten den ungeheuren Fortschritt in vieler Beziehung auf der ganzen Welt brachte.

Meinen Vortrag will ich mit Worten des obersten Patentrichters in Washington *Townsend* schliessen. *Townsend* sagt am Schluss seiner Entscheidung im Streit gegen *Teslas* Drehstrompatente folgendes:

„Vor *Teslas* Erfindungen war der Wechselstrommotor nicht verwendet. Trotzdem grosser Bedarf nach ihm vorhanden war, um Kraftübertragung mit Wechselstrom zustande zu bringen, war er nicht erfunden. Stätige und unvergleichliche Entwicklung der Elektrotechnik hat immer stärker auf den Mangel des Elektromotors gewiesen, welcher in stande wäre, die Kraftverteilung auf grossen Entfernungen zu verwirklichen und trotzdem hat man vergebens nach der Lösung des Problems der Anwendung des Wechselstromes für diese Ziele gesucht. Führende Elektriker waren mit *Marcel Deprez*, auch nach seiner Erfindung des Indikators, der Meinung, dass Wechselstrom für Kraftübertragung nicht verwendet werden kann, und dass die Zukunft dem Gleichstrom gehört.

In solchen Verhältnissen patentierte *Tesla* seine Erfindungen, entwickelte auf diese Weise Methoden und Apparate, welche heute allgemein unter dem Namen *Teslas* Polyphasensystem bekannt sind und führte in die Technik neue Methoden, neue Mittel und neue Terminologie ein.

Sechs Monate nach seinen Patentanmeldungen hielt Tesla seinen Vortrag vor dem amerikanischen Institut der Elektroingenieure und betonte, dass alle früheren Anstendungen Wechselströme auszunutzen ohne Erfolg waren, das er ein neues System für Kraftübertragungen erfunden habe, entwickelte seine Theorie und zeigte seine Motore im Betrieb und keiner der anwesenden Elektriker stellte seine Originalität in Frage oder kritisierte seine Apparate.

Die Konstatation welche von Elektrikern bei erwähntem Vortrag gemacht waren, waren mit ausführlich Zitaten aus der zeitgenössischen Literatur dokumentiert und bis zu diesem Prozess hatte niemand in Frage gestellt, dass Tesla der Originalerfinder des erwähnten Systems und der Mittel für seine praktische Anwendung wäre. Es kann nichts seine Rechte und Verdienste verkleinern. Er brachte in Harmonie bis dahin widerstrebende Ströme erhaltend ihren Character und schuf mit denselben Energie.

Seit den hier erwähnten Patenten Teslas hatten wir in der Technik eine ganze Revolution, welche die in diesen Patenten beschriebenen Mittel hervorbrachten. Tesla verwendete Wechselstrom um das zu schaffen, was mit Gleichstrom niemals verwirklicht werden konnte, er schuf ein neues, unerwartetes und praktisches Kraftübertragungssystem. Die peinlichste Prüfung aller Tatsachen brachte zu der Ueberszeugung, dass Tesla eine neue und hervorragende Entdeckung gemacht hat.

Ausgezeichnete Elektriker waren sich alle einig, dass infolge Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung ein Wechselstrommotor unmöglich wäre und dass die Zukunft dem Gleichstrom gehöre. Dem *Teslaschen Genius* war es vorbehalten die unzähebaren, ungedämmten und bis dahin gegensätzlichen Elemente der Natur und der Technik zu unterjochen und für die Bewegung unserer Maschinen auszunutzen. Er zeigte wie man Aragos Spielzeug in Maschinen für Krafterzeugung verwandeln kann, er kam zuerst auf die idee, dass die grossen Schwierigkeiten der Richtungsänderung und die Widersprüche der Alternationen in Rotationen verwandelt werden können, welche Kraft erzeugen, in die Kraft des rotierenden magnetischen Feldes. Das, was die anderen für uneinnehmbare Barrieren, unterträgliche Ströme und kontradiktorische Kräfte ansahen, erfasste er, ihre Richtungen in Harmonie bringend, und hat die Kraft der Niagarafälle in praktischen Motoren in weit entfernten Städten ausgenutzt*).

Prof. Dipl. Ing. *Drag. Jovanovitch*
Professor an der Universität, Beograd

*) Electrical Rewiev, New-York 19-IX-1900. Vol. 37 - № 12. The Tesla Patents.



Prof. **P. Bayalovitch**, Le doyen
de la Faculté technique Belgrade



Prof. Ing. **Drag. Jovanovitch**
ord. ö. Professor an der Universität
in Beograd



Prof. Dr. **A. Turpain**, Poitiers