

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000303938

xx  
38



*Paris.*  
HELIOS  
ELEKTRICITÄTS  
AKTIENGESELLSCHAFT,  
KÖLN-EHRENFELD.  
MITTEILUNGEN  
FEBRUAR 1901.

ÜBER BREMSELEKTROMAGNETE FÜR GLEICHSTROM

von

Max Vogelsang.

*F. Nr. 23873*



*XX*

*38*



III 33718



## Ueber Bremsselektromagnete für Gleichstrom.

Von **Max Vogelsang**, Oberingenieur der Helios Elektrizitäts-A.-G., Köln-Ehrenfeld.

In meinem Aufsätze über „Die Steuerung elektrischer Gleichstromkrahne“ habe ich auf die Wichtigkeit hingewiesen, welche die Gleichstrom - Nebenschluss - Bremsmagnete für den Betrieb moderner elektrischer Gleichstromkrahne haben. Der Bremsmagnet bildet für eine moderne Krananlage etwa das Glied, welches die Herzmuskel für den menschlichen Körper darstellt. Das gute Funktioniren dieses Apparates muss geradezu selbstverständlich sein, wenn anders nicht der ganze Betrieb des Krans gänzlich lahmgelegt werden soll. Natürlich muss auch der direkt zum Bremsmagneten gehörende Maschinentheil, die mechanische Lösungsbremse selbst, tadellos arbeiten. Häufig wird allerdings die Bremse von den Kranbaukonstruktoren noch etwas stiefmütterlich behandelt. Die hierin gemachten Fehler bewegen sich in der Regel nach zwei Richtungen, entweder sind die Brems Scheiben viel zu klein oder man trifft auch häufig differential wirkende Bremsen, welche die Neigung haben, sich nach einer Bewegungsrichtung gründlich festzusetzen. Das letztere ist besonders unangenehm, denn eine solche Bremse macht in der Regel auf den weniger Kundigen den Eindruck, als wirke sie besonders „kräftig“, d. h. gut und als sei nur der Bremsmagnet zu schwach, um die Lösung zu bewirken. In der That sind solche differential wirkende Bremsen für den Betrieb elektrischer Krahne gänzlich ungeeignet und werden auch immer mehr und mehr verlassen, wonach dann in der Regel die altbewährte Konstruktion der nach beiden Seiten ganz gleichmässig wirkenden doppelten Backenbremse wieder zu Ehren gelangt.

Der ganze Umschwung, welcher sich in den letzten Jahren in den Anschauungen über

den Betrieb elektrischer Krahne vollzogen hat, tritt so recht deutlich in die Erscheinung, wenn man die Veränderungen betrachtet, welche sich dadurch in der Ausführung der elektrischen Bremsmagnete als nothwendig erwiesen.

Es ist noch nicht lange her, da wurden die Bewegungen der Krahne im Vergleich zu den heutzutage üblichen Geschwindigkeiten mit einer grossen Gemächlichkeit ausgeführt. Das Hubwerk bestand in der Regel aus einem verhältnissmässig schnelllaufenden Motor, einem Schnecken vorgelege mit grosser Uebersetzung und einem weiteren Zahnrad vorgelege. Hierzu kam eine durch einen Zugmagneten bethätigte mechanische Lösungsbremse. Dieser Bremsselektromagnet wurde allgemein als Hauptstrommagnet geschaltet. Derselbe Strom, welcher den Anker durchfloss, erregte auch den Magneten. Es war natürlich, dass der Magnet sicher anzog, er bekam nämlich bestimmt soviel Strom, als er brauchte, denn der Motor konnte ja nicht eher laufen, als bis der Magnet die Bremse gelöst hatte. Nach dieser Seite bot die Einrichtung also keine Schwierigkeiten und sie funktionirte auch zuweilen ganz gut, sie funktionirte nämlich umso besser, je schlechter das Kranvorgelege war. Denn offenbar beruhte die Möglichkeit, nach diesem System überhaupt zu arbeiten, darauf, dass der Motor, wenn er in Bewegung war, immer eine nennenswerthe Stromstärke aufnahm, welche so gross sein musste, dass sie den Bremsmagneten angezogen hielt. Das musste der Fall sein nicht nur beim Heben, sondern auch beim Senken, wenn die Last das Getriebe zog, oder mit anderen Worten, das Getriebe musste sehr stark selbstsperrend sein. Jetzt zieht man es

denn doch vor, auf den „Vorthail“ der Selbstsperrung zu verzichten; man will lieber schnell arbeiten und ausserdem mit gutem Wirkungsgrade. So kommt man naturgemäss zu verhältnissmässig langsam laufenden Motoren mit Zahnradvorgelegen und zur Verwendung der Motorbremse. Aber es ist jetzt auch nicht mehr möglich, den Magneten für die Lösungsbremse in den Hauptstrom zu legen, denn beim Senken der Last tritt stets ein Augenblick ein, wo der Hauptstrom Null wird, nämlich dann, wenn der Motor weder treibend noch bremsend mitläuft.

Infolge dieses Umstandes musste man nothgedrungen zu Nebenschluss-Bremsmagneten Zuflucht nehmen, stiess zunächst jedoch bei der Konstruktion derselben auf recht erhebliche Schwierigkeiten. Wenn man nämlich in einen der alten Hauptstrommagnete, welcher als solcher recht gut gearbeitet hatte, eine Nebenschlusspule einsetzte, dann traten ganz regelmässig zwei Fälle ein; entweder der Magnet zog so gut wie gar nichts mehr, oder, wenn er zog, dann verbrannte die Spule nach kurzem Betriebe.

Dass dies eintreten musste, wird sofort klar, wenn man sich die beiden Gleichungen, welche man zur Berechnung der Zugmagnete benöthigt, einmal vergegenwärtigt. Die Zugkraft eines Magneten in Kilogramm beträgt nach der üblichen Maxwell'schen Formel

$$K = \frac{B^2 \cdot F}{1000^2 \cdot 24,6}$$

$F$  ist die magnetische Querschnittsfläche in Quadratcentimeter,  $B$  die Induktion. Die letztere berechnet sich bekanntlich aus der Amperewindungszahl nach der Formel

$$B = 1,25 \frac{m \cdot i}{l},$$

wobei  $m \cdot i$  die Anzahl Amperewindungen,  $l$  den Luftweg in Centimeter darstellt. Der Widerstand des Eisenweges kann in der Regel bei der Rechnung vernachlässigt werden.

Man ersieht aus diesen Formeln sofort, dass man, um eine bestimmte Zugkraft mittels eines Elektromagneten auszuüben, im Momente des Anziehens, also bei grossem Luftwege für die magnetischen Kraftlinien, verhältnissmässig sehr viele Amperewindungen gebraucht, während nach

Ueberwindung der Luftstrecke, also zum Halten des Gewichtes, nur eine sehr geringe Amperewindungszahl nothwendig ist. Dieser verschiedene Stromverbrauch regelt sich nun bei den Hauptstromzugmagneten, wie ersichtlich, ganz von selbst, denn, wie schon oben bemerkt, musste die Stromstärke jedenfalls soweit steigen, bis der Magnet angezogen hatte und damit den Motor freigab, weiterhin sank dann die Stromstärke erheblich, nachdem die Bremse gelüftet und der Motor in Bewegung war. Ganz anders gestaltete sich die Sache bei der Umwicklung eines solchen Magneten zum Nebenschlussmagneten. Hierbei erhielt der Magnet eine bestimmte Stromstärke, welche sich höchstens bei längerem Betriebe infolge der zunehmenden Erwärmung der Spule und also zunehmendem Widerstande verringerte. Hiernach ist es klar, dass die beiden oben erwähnten Fälle eintreten mussten, je nachdem man die Nebenschlusswicklung mit Strom belastete. War die Strombelastung normal, dann zog der Magnet fast nichts, war die Strombelastung so gross, dass der Magnet zog, dann musste die Spule alsbald verbrennen. Man half sich zunächst so gut es gehen wollte, indem man 2 oder gar 3 Magnete kuppelte, sodass auf jeden einzelnen nur ein entsprechend geringer Theil der benötigten Zugkraft entfiel. Sodann versuchte man es auch mit der Konstruktion besonders für Nebenschlusswicklung berechneter Magnete. Hierbei kommt man aber in der Rechnung auf sehr beträchtliche Dimensionen. Die Magnete werden unpraktisch gross und sehr theuer infolge des grossen Kupferaufwandes für die Spule.

Alle diese Uebelstände werden nun durch die Nebenschluss-Bremsmagnete, System Vogelsang-Lindenstruth, wie sie seit einem Jahre von der „Helios“ Elektrizitäts-A.-G. gebaut werden, endgültig und in verhältnissmässig einfacher Weise überwunden. Der Konstruktion liegt der Gedanke zu Grunde, die oben dargelegten Vorzüge des Hauptstrom-Bremsmagneten auch auf den Nebenschluss-Bremsmagneten zu übertragen. Der Magnet sollte also für den Moment des Anhebens einen starken Stromstoss bekommen, aber für die Zeitdauer, während welcher der Anker von dem Magneten festgehalten wurde, sollte die Stromstärke bedeutend verringert werden. Zu dieser nach dem Anziehen des Magneten nothwendigen Verringerung der Stromstärke war eine weitere Schaltbewegung erforderlich, und es ergab



sich als die natürlichste Lösung, dass diese Schaltbewegung vom Magneten selbst ausgeführt werden musste. Der Magnet muss also in dem letzten Augenblick des Anhebens einen Schalter herausschlagen, welcher vorher den einzuschaltenden Widerstand kurzgeschlossen hielt.

In Fig. 1 ist der Magnet dargestellt. In dem Gusseisengehäuse *A* bewegt sich der Stahlgussbolzen *B*. Derselbe ist in einem Messingrohr so geführt, dass sowohl für die Hub- als auch für die Senkbewegung eine gute Luftpufferwirkung entsteht. In dem unteren Theile des Gehäuses bei *G* befindet sich ein sehr einfaches Gummiklappenventil, welches beim Hochgehen des Bolzens

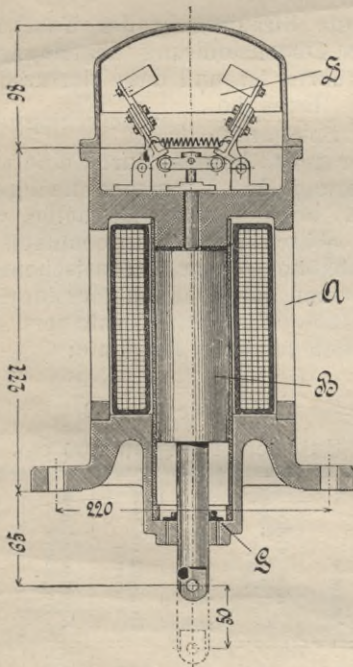


Fig. 1.

Luft eintreten lässt, während es sich bei der Abwärtsbewegung desselben selbstthätig schliesst. Der Hub des Bolzens beträgt 50 mm; auf dem letzten Theile seines Weges schlägt der Bolzen einen 10 mm von der Anschlagfläche vorstehenden Stift zurück, durch welchen der Schalter *S* geöffnet wird. Dieser Schalter wird durch eine Feder wieder kurzgeschlossen, sobald der Bolzen *A* sinkt. Der kleine Schalter ist sehr solide konstruirt und sind insbesondere die Kontaktstücke leicht auswechselbar angeordnet. Fig. 1 zeigt den Schalter in geöffnetem Zustande, nachdem der Magnet angezogen

hatte. Wie aus dem Schaltungsschema Fig. 2 zu ersehen ist, wird durch den Schalter ein Vorschaltwiderstand in den Stromkreis des Magneten eingeschaltet. Ein weiterer Widerstand ist dauernd der Magnetwicke-

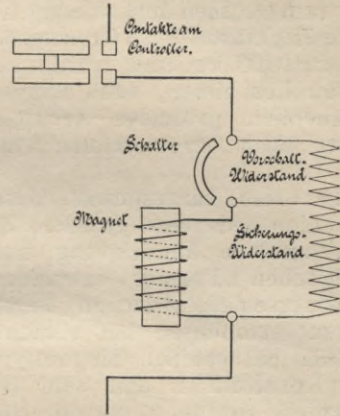


Fig. 2.

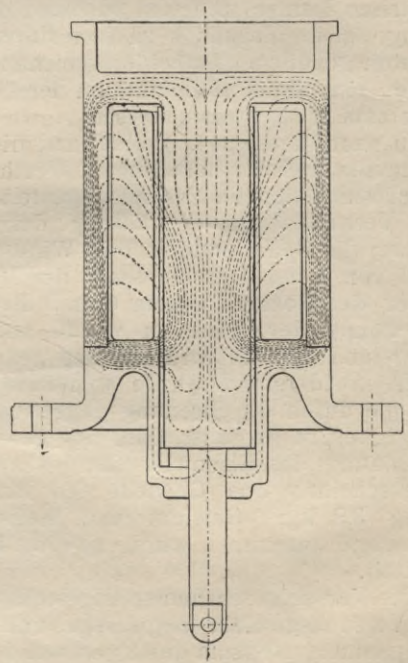


Fig. 3.

lung parallel geschaltet; er dient dazu, den Selbstinduktionsstrom des Magneten beim Ausschalten aufzunehmen. Hierdurch ist es möglich, den Magneten durch einen einfachen Schalter mit Sicherheit ein- und aus-

zuschalten. Der Schalter befindet sich in dem Steuerapparat für den Hubmotor und es wird durch denselben der Magnet eingeschaltet, sobald der Steuerhebel, sei es zum Heben oder zum Senken, aus der Mittellage bewegt wird.

Die Firma Helios stellt normal die Magnete in 3 Grössen her; alle haben 50 mm Hub. Die Zugkräfte der 3 Grössen betragen 20, 50 und 100 kg und würde es keine Schwierigkeiten bieten, auch Magnete von noch erheblich grösserer Arbeitsleistung nach dem oben beschriebenen System zu bauen.

Es hat sich herausgestellt, dass diese Magnete eine bedeutend grössere Zugkraft besitzen, als die Berechnung nach der Maxwell'schen Formel erwarten liess. Dieser Unterschied zwischen Berechnung und Versuchsergebnissen hat seinen Grund darin, dass bei solchen Magnettypen bei richtiger Konstruktion eine sehr beträchtliche nützliche Streuung auftritt. In Fig. 3 ist der Versuch gemacht, den Vorgang darzustellen. Wenn der von der Wicklung ausgefüllte Zwischenraum zwischen dem beweglichen Stempel und dem äusseren Mantel gering ist, im Vergleich zu dem durch die Hubhöhe gegebenen Luftzwischenraum, dann werden sich die Kraftlinien zum Theil seitwärts zum Mantel hinziehen.

In nachfolgenden Tabellen sind die beobachteten und die berechneten Werthe für einen Bremsmagneten zusammengestellt. Bei dem Versuchsmagneten betrug der Hub 5,06 cm; die Spule enthielt 1870 Windungen Draht von 1 mm Durchmesser; der Durchmesser des Bolzens betrug 6 cm. Bei der Berechnung der Induktion wurde nur der Widerstand der Luft in Rechnung gezogen, der Eisenwiderstand wurde vernachlässigt, weil die durch die Streuung gegebene Ungenauigkeit so gross ist, dass eine genauere Berechnung des Eisenwiderstandes zwecklos erscheint. Das Gewicht des Bolzens betrug 3,9 kg. Gewicht und Reibungswiderstand zusammen wurde zu etwa 4,5 kg ermittelt.

Die Versuche wurden so angestellt, dass das Versuchsgewicht angehängt und nun die Spannung langsam gesteigert wurde, bis der Magnet anzog. Die sonst normal zum Magneten gehörenden Widerstände waren hierbei natürlich nicht angeschlossen.

Wie man sieht, ist der Unterschied zwischen der thatsächlich beobachteten und der nach der Maxwell'schen Formel berechneten Zugkraft ganz bedeutend. Dass die auffallende Vergrösserung der Zugkraft

Tabelle 1.  
Hub des Magneten 5,06 cm.

Angehängtes Gewicht kg	Ampere	$K_1$ = wirkliche Zugkraft kg	Arbeitsvermögen in cm/kg	Induktion berechnet	$K_2$ = berechnete Zugkraft	$c = \frac{K_1}{K_2}$
5	3,9	9,5	48,1	1800	3,7	2,57
10	4,6	14,5	73,3	2115	5,2	2,79
15	5,2	19,5	98,7	2402	6,62	2,95
20	5,9	24,5	124,0	2725	8,5	2,89
30	7,05	34,5	174,6	3257	12,2	2,82
40	8,05	44,5	225,2	3719	14,7	3,1

durch die Streuung in der That auf die günstige Dimensionierung des Magneten zurückzuführen ist, und dass hierfür das Verhältniss  $\frac{\text{Hubhöhe}}{\text{Spulentiefe}}$  von ausschlaggebender Bedeutung ist, konnte durch eine einfache Abänderung des Versuches nachgewiesen werden. Bei demselben Magneten, welchen ich zu obigen Versuchen benutzte, wurde die Hubhöhe — der Luftzwischenraum — durch einen eingesetzten Messingring von 3 cm Höhe auf 2 cm verkleinert. Es ergaben sich folgende Resultate:

Tabelle 2.  
Hub des Magneten 2,06 cm.

Angehängtes Gewicht kg	Ampere	$K_1$ = wirkliche Zugkraft kg	Arbeitsvermögen in cm/kg	Induktion berechnet	$K_2$ = berechnete Zugkraft	$c = \frac{K_1}{K_2}$
10	2,6	14,5	29,9	2950	10,0	1,46
20	3,6	24,5	50,6	4085	19,2	1,27
30	4,5	34,5	71,1	5106	29,8	1,15
40	5,3	44,5	91,7	6014	44,2	1,08

Die Resultate beider Versuchsreihen sind in Fig. 4 graphisch dargestellt und man ersieht daraus recht deutlich, dass es zweckmässig ist, einen Magneten für grosse Arbeitsleistung als verhältnissmässig langgezogene Topfmagneten mit geringer Spulentiefe und grossem Hube zu bauen.

Diese Erkenntniss ist besonders deshalb bemerkenswerth, weil man auf Grund theoretischer Ueberlegungen leicht dazu gelangt, gerade das Gegentheil für richtig zu halten,

nämlich, dass man für einen Magneten mit grosser Arbeitsleistung einen möglichst geringen Hub vorsehen müsse. Man kann nämlich folgende Schlussreihe machen.

Es soll ein Elektromagnet mit möglichst grossem Arbeitsvermögen

$$A = K \cdot l$$

konstruiert werden. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist für einen ausgeführten Mag-

In der That ist man auf Grund dieser Gedankenfolge vielfach zu Magnetkonstruktionen gelangt, bei welchen man eine möglichst grosse Arbeitsleistung eines Magneten mit kleinem Hube und grosser Kraft zu erreichen strebt, wobei man es event. vorzieht, eine Vergrösserung des Hubes durch Hebel-einschaltungen zu bewirken. Wie man aber an der Hand der vorstehenden Versuchsergebnisse ersieht, führt die an sich richtige theoretische Ueberlegung doch nicht auf

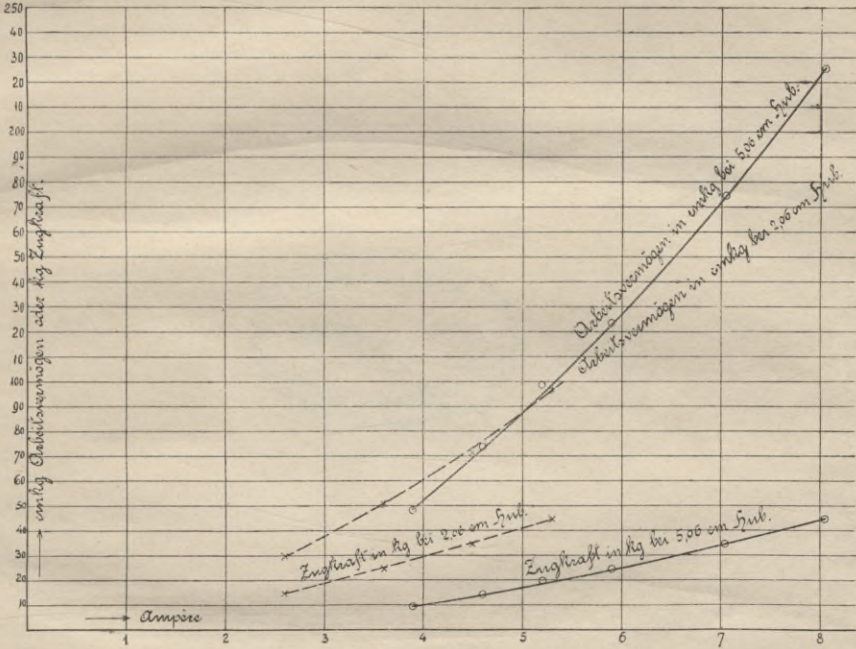


Fig. 4.

neten theoretisch und angenähert die Induktion um so grösser, je kleiner die Luftstrecke  $l$  ist.

$$B \equiv \frac{1}{l}.$$

Demnach wird nach der Zugkraft-Formel

$$K \equiv \frac{1}{l^2},$$

oder es ist

$$A \equiv \frac{1}{l^2} \cdot l \equiv \frac{1}{l}.$$

Das würde heissen: Je kleiner man die Hubhöhe  $l$  macht, um so grösser ist unter sonst gleichen Umständen das mit einem Elektromagneten erreichbare Arbeitsvermögen.

den praktisch günstigsten Weg, denn bei kleinem Hube des Magneten kann man die nützliche Streuung nicht ausnutzen und bei der bei kleinerem Hube natürlicherweise gesteigerten Induktion macht sich der Widerstand des Eisens in ungünstiger Weise bemerkbar.

Wenn nun auch die vorstehend beschriebene Konstruktion durch die nützliche Streuung in sehr günstiger Weise beeinflusst wird, so ist doch für den eigentlichen Erfolg derselben wesentlich der Umstand maassgebend, dass man im Momente des Anziehens der Wicklung eine unverhältnissmässig grosse Stromstärke zumuthen kann, welche nur nach vollzogenem Hube soweit ermässigt werden muss, dass sie noch ausreicht, den angezogenen Anker festzuhalten.

Diese letztere Stromstärke darf ausserdem natürlich nicht grösser sein, als die Spule dauernd ohne grosse Erwärmung vertragen kann.

Wie werthvoll diese Verkleinerung der Stromstärke, also die Anordnung des kleinen Schalters auf den Magneten, für die Konstruktion ist, erhellt daraus, dass die Anzugsstromstärke bei den Magneten der Type B M etwa das 7- bis 8-fache beträgt von

derjenigen Stromstärke, welche nach Einschaltung des Widerstandes durch den Magneten entsteht. Ferner verbraucht z. B. der Nebenschlussstromkreis des Magneten B M I für 110 V nach dem Anziehen, also zum Festhalten des Gewichtes nur etwa 133 Watt. Von diesen entfallen 116 Watt auf den durch den Schalter eingeschalteten Widerstand und nur 13 Watt auf den Magneten selbst, endlich 4 Watt auf den Ausschaltwiderstand.









WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33718

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000303938