

Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift"Nainen Kikan"

Band 5, Heft Nr.49, Juli 1966, Seite 51-55

Die Probleme des Zündsystems schnell laufender
Motorenvon Takao MIKI
Firma Mitsubishi Denki K.K.1. Vorwort

In den letzten Jahren ist bei uns hier in Japan bei den Kraftfahrzeugmotoren die Tendenz zu größeren Zylinderzahlen und zu immer höheren Drehzahlen überzugehen, sehr stark in Erscheinung getreten. Dies ist bei uns in Japan, wo die kleinen Wagen das Übergewicht haben, natürlich darauf zurückzuführen, daß man bestrebt ist, bei den kleinen Motoren auf hohe Leistungen zu kommen.

Andererseits sind die Automobilrennen sehr in Schwung gekommen und die Rennwagen brauchen Motoren mit noch höherer Drehzahlen als die der Gebrauchswagen.

Hand in Hand mit einer derartigen Erhöhung der Drehzahl eines Motors ergeben sich für das Zündsystem Probleme, einmal das elektrische Problem, welches darin besteht, daß, ganz ohne Rücksicht auf den Zustand des Motors der Zündkerze ein starker Zündfunke geliefert werden muß, und zum anderen das mechanische Problem, welches darin besteht daß eine Konstruktion gewählt werden muß, welche starken Erschütterungen und den hohen Drehzahlen der Antriebsteile standhält. Diese Probleme sind beim Rennwagen durch eine Umstellung der Zündeinrichtung auf Halbleiter und beim Gebrauchswagen durch eine Verbesserung des Unterbrechungsmechanismus im wesentlichen gelöst worden.

In der vorliegenden Arbeit soll auf die problematischen Punkte eingegangen werden, die sich für das Zündsystem aus der Steigerung der Motordrehzahl ergeben, es sollen die Wege aufgezeigt werden, die man beim heutigen Stand der Technik zur Lösung dieser Probleme beschreitet und es soll auch über die Lage im Ausland berichtet werden.

2. Die sich aus der Steigerung der Motordrehzahl für das Zündsystem ergebenden Probleme

Wenn man von Motoren mit sehr hohen Drehzahlen spricht, dann denkt man zuerst an die Motoren der Zweiradfahrzeuge. Bei den Gebrauchsfahrzeugen haben wir im Höchsthalle 10 000 U/Min, während die Rennfahrzeuge maximal 15 000 - 23 000 U/Min. erreichen. Bei den Vierradfahrzeugen mit maximal 6000 U/Min. für Gebrauchswagen und maximal 15 000 U/Min. für Rennwagen liegen die maximalen Drehzahlen wesentlich niedriger als bei den Zweiradfahrzeugen. Was die Zylinderzahl anbelangt, so hatten wir bisher bei den Vierradfahrzeugen den Vielzylindermotor, während die Zweiradfahrzeuge nur wenig Zylinder hatten; seit dem Jahre 1964 ist jedoch eine Entwicklung zur Erhöhung der Zylinderzahl hin auch bei den Zweiradfahrzeugen im Gange, und es sind bereits 6-Zylinder- und 4-Zylinder-Fahrzeuge auf den Rennen erschienen und in der neuesten Zeit ist man bestrebt, bis herab zu Motoren mit ganz kleinem Hubraum mehrere Zylinder zu bauen.

Im Zündsystem besteht zwischen dem Zweiradfahrzeug und dem Vierradfahrzeug konstruktiv ein großer Unterschied. Beim Zweiradfahrzeug werden nämlich in der Hauptsache Magnetgeneratoren verwendet, und selbst bei einer Vielzahl von Zylindern sind diese Motoren nicht mit einem

Hochspannungsverteilungsmechanismus ausgerüstet, während die Vierradfahrzeuge in ihrem Zündsystem eine Batterie als Stromquelle benützen und nahezu alle mit Verteiler ausgerüstet sind.

Da sich in der oben beschriebenen Weise die Zweiradfahrzeuge und die Vierradfahrzeuge im Aufbau ihres Zündsystems unterscheiden, so sind natürlich auch die sich durch die Drehzahlsteigerung ergebenden Probleme mehr oder weniger verschieden, wenn wir jedoch alles zusammenfassen, dann kommen wir auf die nachstehenden mechanischen und elektrischen Probleme:

mechanische Probleme

1. Lagerprobleme
2. mechanische Festigkeit der beweglichen Teile des Unterbrechers
3. "chattering" des Unterbrechers
4. Festigkeit der Kontakte
5. Nockenform
6. mechanische Festigkeit des Verteilerläufers und der Verteilerkappe

elektrische Probleme

1. übermäßige Kontaktabnutzung
2. Schwingungsfestigkeit des Kondensator
3. Absinken der Sekundärausgangsspannung der Zündspule bei hohen Drehzahlen
4. die zu einer verrußten Zündkerze hin entladene Kapazität der Zündstromquelle

Wenn man von den oben aufgeführten Problemen sowohl bei den Gebrauchswagen, wie auch bei den Rennwagen unter den mechanischen Problemen die unter 2, 3 und 5 genannten berücksichtigt, keine besonders schwerwiegenden Probleme. In elektrischer Hinsicht jedoch treten die nachstehend aufgeführten Probleme häufig auf: Wenn wir die Zündspule so auslegen, daß wir bei den hohen Drehzahlen eine ausreichende Funkenleistungsfähigkeit bekommen, dann ist dies nur so

zu erreichen, daß wir hohe Kontaktströme in Kauf nehmen. Wenn wir dazu auch noch so konstruieren, daß das "chattering" des Unterbrechers im Bereich der normalen Betriebsdrehzahlen nicht auftritt, dann wird bei den niedrigen Drehzahlen die Kontaktöffnungsgeschwindigkeit zu niedrig und bei andauernder Fahrt im Durcheinander des Stadtverkehrs werden die Kontakte sehr schnell unbrauchbar. Ein Weg zur Lösung dieses Problems bietet sich in der Anwendung der nachstehend beschriebenen Kontakttransistorzündung an.

2.1 Die mechanischen Probleme

Bei den Rennwagen dürfen außer den mechanisch durch die hohe Drehzahl gegebenen Problemen die von der hohen Drehzahl herrührenden Schwingungen nicht vernachlässigt werden. Diese erreichen in den Befestigungsteilen des Verteilers 60 G und mehr.

Da sind zunächst die Probleme der Lagerung, für die Lager der in den Gebrauchswagen eingebauten Verteiler werden Sinterlegierungen verwendet. Da im allgemeinen bei Drehzahlen über 5000 U/Min. ein Festfressen zu befürchten ist, ist man gezwungen, Nadellager oder Kugellager zu verwenden.

Bei den beweglichen Teilen des Unterbrechers kommt es leicht zu Bruchschäden, weil die Zahl der Unterbrechungen umso höher wird, je größer die Anzahl der Zylinder und je höher die Motordrehzahl werden, und weil man außerdem, um die "chattering"-Drehzahl hoch zu machen, einen starken Federdruck anwendet. Für Rennwagen verwendet man Unterbrecherhebel aus nicht rostendem Stahl und steigert dadurch die Festigkeit der Hebel.

Das "chattering" des Unterbrechers hängt mit der Masse der beweglichen Hebel, mit dem Federdruck und mit der Nockenform zusammen; insbesondere sorgt man für eine hohe "chattering"-Drehzahl, indem man für die hohen Drehzahlen einen starken Federdruck nimmt und indem man der Nockenhubkurve einen sanften Verkauf gibt. Heute werden diese Bedingungen berücksichtigt und der Unterbrechungsmechanismus wird so gebaut, daß an der Unterbrecherachse bis 5000 U/Min. kein "chattering" auftritt.

Das Problem der Festigkeit der Kontakte tritt bei den Unterbrecherkontakten dann auf, wenn die Zahl der Zylinder des Motors 6 und mehr beträgt. Die Schwierigkeit ergibt sich daraus, daß Hand in Hand mit dem Höherwerden der Drehzahl die Kontakte mechanisch zerschlagen werden, was zu Kontaktrissen, zu einem Zerschlagen der Kontakte und ähnlichen Störungen führt. Die mechanische Festigkeit des Verteilerläufers und der Verteilerkappe ist deshalb problematisch, weil es vorkommt, daß infolge der hohen Beschleunigungen die Verteilerachse mit dem Verteilerläufer ... (?) ... und daß infolge der am Läufer und an der Verteilerkappe auftretenden Schwingungen Sprünge und Risse auftreten. In diesen Fällen kann man auf verhältnismäßig einfache Weise dadurch abhelfen, daß man das Isoliermaterial auf Kunstharz umstellt, und daß man durch konstruktive Maßnahmen den Läufer und die Achse des Unterbrechers (etwa durch Schrauben) starr befestigt.

2.2 Die elektrischen Probleme

Bei den elektrischen Problemen ist es die überaus starke Abnutzung der Kontakte, welche darin besteht, daß die Kontakte im ebenen Zustand zerschlagen werden und dadurch

einen Abriebverschleiß erleiden, im allgemeinen bezeichnet man dies als \dots , Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß bei der großen Zahl von Funken und bei der hohen Temperatur, auf welche die Kontaktfläche durch den Lichtbogen gebracht wird, die festen Kontakte und die beweglichen Kontakte aufeinanderschlagen. Dies ist besonders häufig der Fall, wenn die Motordrehzahl auf 8000 U/Min. und darüber hinaus ansteigt.

Zur Schwingungs- und Erschütterungsfestigkeit des Kondensators ist zu sagen, daß infolge der hohen Schwingungszahlen und der großen Amplituden die Elemente zu tanzen beginnen, so daß während der Fahrt die Kontaktgabe schlechter wird; dies zwingt dazu, bei der Konstruktion des Kondensators auf eine Verhinderung der Schwingungen bedacht zu sein.

Das Absinken der Ausgangsspannung der Zündspule hängt mit der Zeitkonstanten zusammen, welche durch die Primärinduktanz und den Widerstand der Zündspule bestimmt ist. Da die Sekundärspannung der Zündspule zum Kontaktunterbrechungsstrom proportional ist, so wird bei einer Zündspule mit großer Induktanz, bei hohen Drehzahlen kein ausreichender Eingangsstrom zustande kommen und die Zündung wird schließlich aussetzen. Da man also bei einer Zündspule für schnelle Wagen die Primärinduktanz niedrig (bei Gebrauchswagen betragen bei einem 12 Voltssystem die Primärinduktanz 10-18 mH, und der Primärwiderstand 3.5 - 4.0 Ohm und die Zündenergie groß macht, so werden auch die Widerstandswerte niedriger (Primärinduktanz 4-7 mH, Primärwiderstand 2.5-3 Ohm). Da bei einer Zündspule mit niedrigem Widerstandswert die Temperatur sehr hoch ansteigt, so wer-

den die Widerstände nicht selten außen angebracht. Die Abb.1 zeigt zum Vergleich die Charakteristiken einer Zündspule für niedrige Geschwindigkeiten (bei Gebrauchswagen eine Zündspule mit hoher Primärinduktanz) und einer Zündspule für hohe Geschwindigkeiten (mit niedriger Primärinduktanz). Da in der oben beschriebenen Weise bei den schnellen Wagen bzw. bei den Rennwagen der Primärwiderstand der Zündspule niedrig ist, so bekommen wir einen hohen Eingangsstrom und bei Dauerfahrt mit hoher Geschwindigkeit in einem Wagen mit vielen Zylindern oder bei Fahrt mit niedriger Geschwindigkeit sind deshalb die Kontakte leicht einem außerordentlich starken Abriebverschleiß unterworfen.

Die Ausgangsspannung bei hohen Drehzahlen sinkt sehr schnell ab, wenn am Unterbrecher ein "chattering" auftritt

Zu der Verrußung der Zündkerze ist zu sagen, daß dieses Problem bei den Vierradfahrzeugen im allgemeinen nur selten auftritt. Die Frage der Verrußung der Zündkerze ist im wesentlichen eine Frage des Wärmewertes der verwendeten Zündkerze. Bei den Zweiradrennmaschinen jedoch haben wir Wärmewerte der Zündkerze zwischen 11 und 14 und da die Zündkerzen in den Haarnadelkurven, wo die Motordrehzahl stark verringert werden muß, leicht verrußen, so muß schon bei der Auslegung der Zündstromquelle berücksichtigt werden, daß diese Stromquelle so stark sein muß, daß sie gegen die Verrußung aufkommt.

3. Der heutige Stand der Zündeinrichtungen für Zweiradfahrzeuge

Die Zweiradfahrzeuge arbeiten, wie bereits oben erwähnt, ohne Verteiler und sind im allgemeinen mit Magnetgenerato-

ren (bei den Einzylindermotoren) und mit Dynastartern ausgerüstet. Da für jeden einzelnen Zylinder ein Unterbrecher und eine Zündspule vorhanden ist, so bleibt auch bei den hohen Motordrehzahlen die Arbeitsdrehzahl des Unterbrechers niedrig, und da man auch in der Form des Nockens freie Wahl hat, so bereiten die hohen Drehzahlen kaum Schwierigkeiten. Bei den Rennmaschinen jedoch kommt zu den außerordentlich hohen Drehzahlen auch noch die Forderung hoher Beschleunigungen hinzu, man verwendet deshalb in diesen Fällen hauptsächlich kastenförmige Magnetgeneratoren. Um eine möglichst kleine Bauform des Magnetgenerators und einen möglichst starken Zündfunken zu bekommen, braucht man eine besondere Befestigung der Zündspule, welche mit dem Wechselstromausgang des Magnetgenerators belastet (?) wird. Demzufolge haben wir, wie bei der Batteriezündung, bei den hohen Drehzahlen kein durch ungenügende Unterbrecherschließzeiten bedingtes Absinken der Zündspulenausgangsspannung, und wir bekommen, wie dies die Abb.2 zeigt, einen nahezu flachen Verlauf der Ausgangsleistung.

Bei den Zündsystemen mit mechanischem Unterbrechungsmechanismus bei den ist man in der Lösung der Probleme der Ungenauigkeit der Zündlagen infolge der Kontaktabnutzung, sowie des "chattering" des Unterbrechungsmechanismus einerseits in dem Bestreben den durch die immer höher werdenden Motordrehzahlen in der Zukunft an die Zündsysteme gestellten Forderungen gerecht zu werden, und andererseits im Hinblick auf die in den letzten Jahren gewaltig gesteigerte Zuverlässigkeit der Halbleiter schon seit dem Jahre 1960 ^{1,6,7)} dazu übergegangen, die Zündeinrichtungen der Zweiradfahrzeuge mit Halbleitern auszurüsten und sie

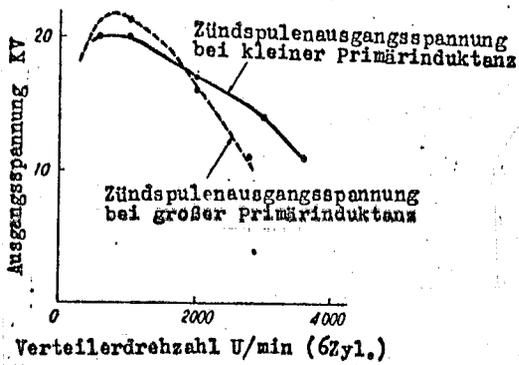


Abb.1 Vergleich der Ausgangsspannungscharakteristiken einer Zündspule für hohe Drehzahlen und einer Zündspule für niedrige Drehzahlen

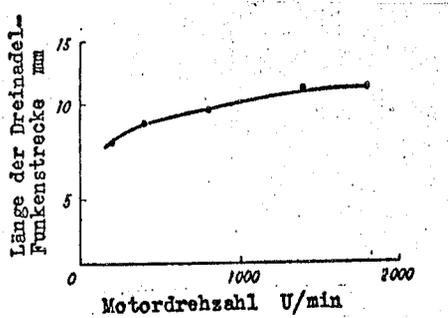


Abb.2 Die Ausgangsspannungscharakteristik eines Magnetgenerators

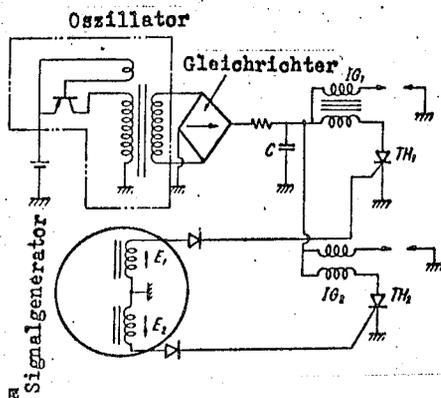


Abb.3 Der Schaltplan eines mit einer Batteriestromquelle arbeitenden Zündsystemes für kapazitive Entladung

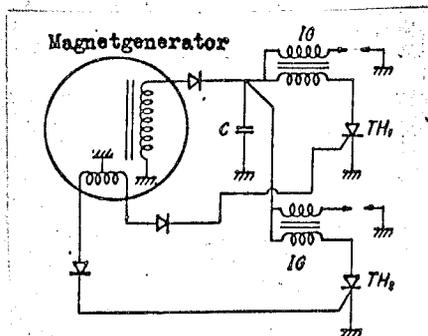


Abb.4 Schaltplan einer mit Magnetgenerator als Stromquelle arbeitenden Zündanlage für kapazitive Entladung

auf diese Weise ganz kontaktlos zu machen.

Die den Zweiradfahrzeugen angepaßten kontaktlosen Zündeinrichtungen können wir in solche, bei denen eine Batterie als Zündquelle benützt wird, und in solche, bei denen ein Magnetgenerator als Zündquelle benützt wird, einteilen.

Bei einer mit Batterie als Zündquelle arbeitenden Zündeinrichtung, wird, wie dies in der Abb.3 dargestellt ist, die Batteriespannung durch einen Oszillator in Wechselstrom umgewandelt, die Spannung wird hochtransformiert (300 - 500 Volt), gleichgerichtet, und es wird ein Kondensator C aufgeladen. Im besonderen ist ein Signalgenerator für den Nachweis der Zündlage (Zündlagedetektor?) vorgesehen; dieser sendet in der Zündlage zu einem Thyristor TH_1 ein "gate"-Signal, durch welches der Thyristorstromkreis geschlossen wird, und die Ladung des Kondensators C wird zu der Zündspule IG_1 hin entladen. Bei der Zündung für den anderen Zylinder wird in der gleichen Weise ein "gate"-Signal zu TH_2 gesandt, und die Ladung des Kondensators C wird zu der anderen Zündspule IG_2 hin entladen, worauf die Zündung erfolgt.

Bei den mit Magnetgenerator arbeitenden Zündsystemen haben wir, wie dies in der Abb.4 dargestellt ist, anstelle des Oszillators der Abb.3 einen Magnetgenerator, und die Windungszahl der stromerzeugenden Spule ist deshalb sehr hoch, weil auch bei den niedrigen Drehzahlen die Entladung an der Zündkerze sichergestellt sein muß. Am Wellenende des Magnetgenerators ist ein Signalgenerator vorgesehen, Magnetgenerator und Signalgenerator werden als ein Ganzes hergestellt. Bei diesen Zündeinrichtungen erfolgt der Aufbau der Sekundärspannung sehr schnell, und sie sind gegen

Verschmutzungen der Zündkerze außerordentlich widerstandsfähig, Die Abb.5 zeigt die Drehzahl-Ausgangsspannungs-Charakteristik, auch aus dieser graphischen Darstellung können wir deutlich den Verlauf bis zu sehr hohen Drehzahlen erkennen (?).

4. Der heutige Stand der Zündeinrichtungen für Vierradfahrzeuge

Bei den Gebrauchswagen sind es in der Hauptsache die schnellen Sportwagen, auf die wir hier eingehen wollen. Bei den in dieser Wagenklasse eingebauten Verteilern wird die Nockenform der hohen Drehzahl angepaßt (die "off"-Geschwindigkeit des Unterbrechers ist etwas niedriger als bei den gewöhnlichen Wagen, während die "in"-Geschwindigkeit sehr viel niedriger ist), dadurch wird das "chattering" des Unterbrechers bei den hohen Drehzahlen vermieden. Bei der Zündspule macht man, wie oben bereits erwähnt die Primärinduktanz klein, und um ein Absinken der Zündenergie zu verhindern, nimmt man einen hohen Eingangsstrom

Bei einem solchen Wagen ist die elektrische Belastung der Kontakte außerordentlich stark und, da man zudem sowohl mit einem Betrieb bei hohen Drehzahlen, wie auch bei niedrigen Drehzahlen rechnen muß, so treten leicht mit den Kontakten zusammenhängende Störungen auf. Für solche Wagen ist das Kontakt-Transistor-Zündsystem³⁾ hervorragend geeignet. In Amerika sind es die Firmen, Prestolite, Mallory, Ford und Tansor, in England die Firma Lucas und in Deutschland die Firma Bosch, welche derartige Zündsysteme auf den Markt gebracht haben. In Amerika sind es die Firmen Ford und Studebaker²⁾ (SS-Wagen) bei einem Teil ihrer serienmäßig hergestellten Wagen dieses Zündsystem

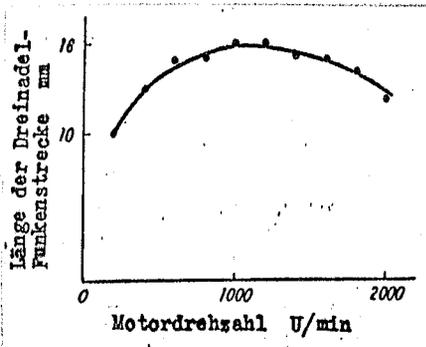


Abb.5 Die Ausgangsspannungscharakteristik einer kontaktlosen Zündanlage für Zweiradfahrzeuge

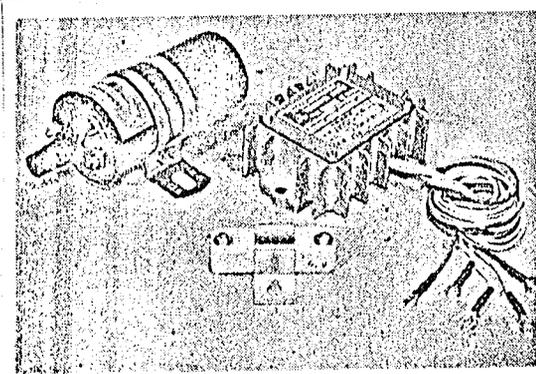


Abb.6 Kontakt-Transistor-Zündanlage

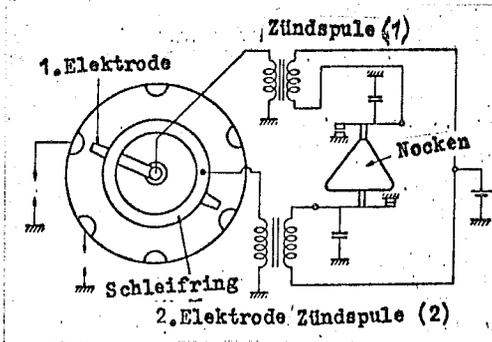


Abb.7 Das Zweispulenzündsystem

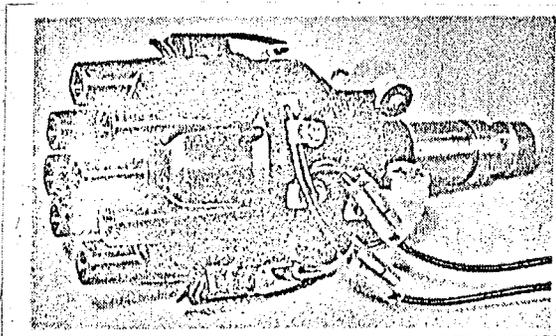


Abb.8 Der Verteiler einer Zweispulenzündsystems

bereits eingeführt.

Andererseits hat bei uns hier in Japan die Firma Nissan bei ihrem V 8 - Präsident dieses Zündsystem eingeführt, und außerdem wird es für die Streifenwagen der Polizei, von denen eine hohe Fahrtgeschwindigkeit verlangt wird, angewandt. Es ist durchaus zu erwarten, daß dieses Zündsystem überall da eingeführt wird, wo neben einer Kostensenkung ein schneller Wagen und ein Wartungsfreier Wagen verlangt werden.

Die Abb.6 zeigt eine fotografische Aufnahme einer Kontakt-Transistor-Zündanlage.

Um bei den Rennmotoren mit ihren hohen Drehzahlen, die sich in mechanischer und in elektrischer Hinsicht ergebenden Probleme zu lösen, wendet man die in den Abb.7 und 9 dargestellten Zündeinrichtungen an. Die in der Abb.7 dargestellte Anlage wird als "Zweispulenanlage" bezeichnet. Hierbei ist der Läufer des Verteilers in eine Mittelelektrode und in einen Schleifring aufgeteilt. Wie man aus der Abb.7 ersieht, bekommt man die Zündanlage für einen 6-Zylindermotor durch Kombination der Zündsysteme zweier 3-Zylindermotoren, und da wir als Nockenform einen Dreiecksnocken haben, sind die Fragen des "chattering" des Unterbrechers, sowie seiner mechanischen Festigkeit sehr gut gelöst. Da wir bei dem Verteilerläufer und bei der Verteilerkappe 2 Zündsysteme kombiniert haben, so kommt es leicht zu Gleitfunkenentladungen, und wir haben (brauchen deshalb?) eine große Bauform. Die Abb.8 zeigt einen Unterbrecher des Zweispulensystems. Das in der Abb.9 dargestellte Zündsystem arbeitet mit 2 Unterbrechern, bei einer Umdrehung der Unterbrecherachse wird der Strom 6mal

unterbrochen, der Nocken hat Dreiecksform; diese Unterbrecher sind sowohl im Hinblick auf ihre mechanische Festigkeit, wie auch im Hinblick auf das "chattering" sehr günstig. Da in diesem Falle, zum Unterschied von dem in der Abb.7 dargestellten Zündsystem, die Funkenzahl der Zündspule groß ist, so ist die Ausgangsspannung der Zündspule im wesentlichen durch die maximale Drehzahl bestimmt.

Das oben beschriebene Zündverfahren erfüllt zwar, indem es die Arbeitsdrehzahl des Unterbrechers herabsetzt, die Aufgabe, die elektrischen und die mechanischen Probleme des Unterbrechers auf ein Mindestmaß herabzudrücken, bei lang andauernder Fahrt mit hohen Motordrehzahlen jedoch kommt es infolge der Abnutzung des Nockenrückens (cam heel) und infolge der Abnutzung der Kontakte zu Ungenauigkeiten der Zündlage, was leicht ein Absinken der Motorleistung nach sich zieht. Eine Lösung, welche diese Nachteile beseitigt, liegt in der Einführung des kontaktlosen Zündsystems.

Beim kontaktlosen Zündsystem^{3,4,6 u.8)} ist am Verteiler ein kleiner Magnetgenerator angebracht, welcher in der Zündlage ein schwaches elektrisches Signal abgibt. Dieses elektrische Signal wird, um das Ansprechen eines Schalttransistors zu erleichtern, in Kurzwellen umgeformt und auf die Basis eines Schalttransistors gegeben. Durch Unterbrechung des Primärstromes wird auf der Sekundärseite der Zündspule eine Hochspannung erzeugt. Die Abb.10 zeigt das Schaltbild eines solchen Systems. Die Abb.11 zeigt die fotografische Aufnahme einer kontaktlosen Transistorzündanlage,

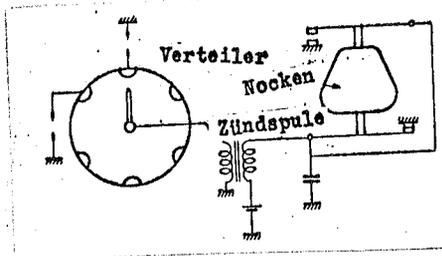


Abb.9 Das Einspulen-Dreiecksnocken-Zündsystem

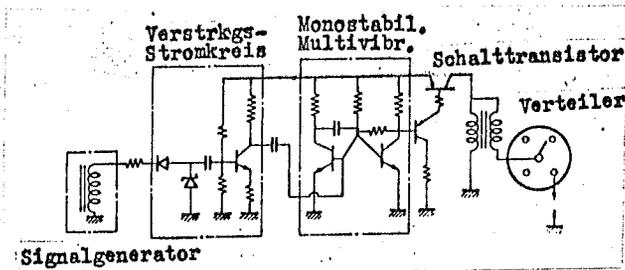


Abb.10 Schaltplan einer kontaktlosen Zündanlage

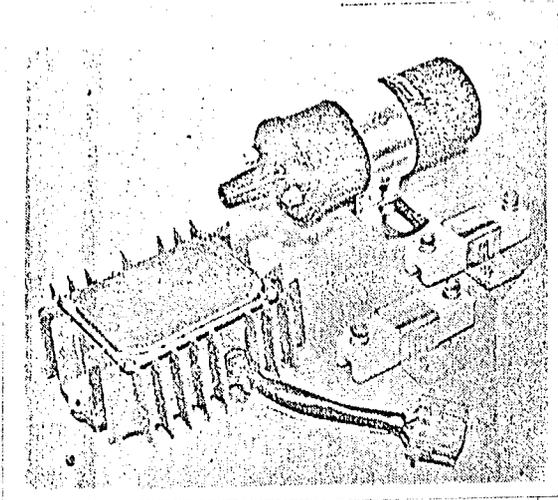


Abb.11 Kontaktlose Zündanlage

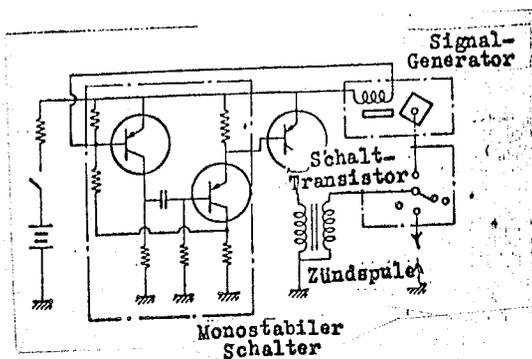


Abb.12 Schaltplan der Delcotron-Zündanlage

Diese kontaktlosen Zündsysteme sind bei uns hier in Japan bereits bei Rennwagen angewandt worden, man überlegt, ob in der Zukunft bei den Rennwagen dieses System nicht mehr und mehr Verbreitung finden wird.

In Amerika ist von der Firma Delco Remy das auf dem gleichen Prinzip wie das oben beschriebene Zündsystem beruhende Delcotronic-Zündsystem⁴⁾ (vergleiche die Abb.12) auf den Markt gebracht worden; es ist in den Corvett-Wagen der Firma General Motors eingebaut. In England ist von der Firma Lucas die OPUS-Zündanlage (kontaktloses Zündsystem) entwickelt worden. Es ist in den Rennwagen Lotus F₁ eingebaut worden.

5. Zusammenfassung

Aus der immer weiter gehenden Steigerung der Motordrehzahlen ergeben sich für die Zündsysteme in elektrischer und in mechanischer Hinsicht verschiedene Probleme. Diese Probleme ziehen sich auf die Zuverlässigkeit des mechanischen Arbeitens des Funkenerzeugungsmechanismus und man hat hier schon eine Reihe verschiedener Mechanismen ins Auge gefaßt und untersucht und es ist auch gelungen, das einwandfreie Funktionieren dieses Mechanismus bei den hohen Drehzahlen zu verbessern; bei Motordrehzahlen, welche bis zu 8000 und 9000 U/Min. gehen (bei den Vierradfahrzeugen) (bei den Zweiradfahrzeugen ungefähr bis 15000 U/Min.) muß man daran denken, ob nicht doch hier die Grenze der Möglichkeiten eines solchen Mechanismus erreicht ist. Bei Drehzahlen, welche darüber noch hinausgehen, muß man die Anwendung des kontaktlosen Transistorzündsystems ins Auge fassen; bei einer noch weiter gehenden Erhöhung der Drehzahl (bis auf ungefähr 13000 U/Min.) werden mit Thyristo-

ren arbeitende Zündsysteme mit kapazitiver Entladung angewandt. Bei den sehr schnell laufenden Motoren werden zwar Zündkerzen mit hohem Wärmewert angewandt, bei Motoren, bei welchen sich die Belastung sehr schnell ändert, und welche auch mit niedrigen Drehzahlen laufen können, kommt es leicht zur Verrußung der Zündkerze, man hat deshalb Ver-
russungsfeste Zündanlagen mit kapazitiver Entladung angewandt.

Literaturhinweise

- 1) Phil Irving. Britains Newest Racing Engine Exclusive the 125cc EMC twin, Motor Cycling June 12, 1963.
- 2) New Ignition Popular, Automotive Industries, June 15, 1965, S.153.
- 3) Miki: Die Entwicklungstendenz der Zündanlagen im Hinblick auf die immer höher werdenden Motordrehzahlen, ds. Zeitschrift, Bd.3, Heft Nr.25, Juli 1964 S.99-105 (Übersetzung vorhanden)
- 4) JC Norris. Delcotron Transistor-controll ED Magnetic Pulse Type Ignition System. SAE Automotive Engineering Congress, Detroit Mich Jan. 14-18, 1963.
- 5) A.J.Bolwell. Electromagnetic Pick up Replaces Breaker Points in Ignition System. Design News, März 17. 1965, S.18.
- 6) Bob Currie. Transistor in the Island, Motor Cycle 5, März 1964.
- 7) Vic Willovghby. Crazy See-Saw, Motor Cycle 1.Juli 1965.
- 8) William H. Gray. A Passenger Car Engine Goes to the Races. SAE Journal April 1964, S.69.