

T 6 Elektrické zapalování. Seřízení a opravy bateriových a magneto-elektrických zapalování

Funkce a druhy zapalování. Složení, činnost, diagnostika, opravy, seřízení a údržba bateriového zapalování. Opravy, seřízení a údržba magnetoelektrického - kontaktního zapalování. Magnetoelektrické polovodičové – bezkontaktní zapalování. Stručná charakteristika polovodičových, elektronických, a plně elektronických zapalování. Zapalovací svíčky.

6.1 Funkce

Úkolem zapalování je **bezpečně zapalovat elektrickou jiskrou směs paliva se vzduchem u zážehových motorů**. Okamžik zážehu (tj. přeskok jiskry na zapalovací svíčke) je vázán na nejvhodnější polohu pístu, před horní úvratí (a natočení klikového hřídele) – **předstih zapalování**. Předstih zapalování se musí přizpůsobovat provozním podmínkám motoru, tj. otáčkám, zatížení, bohatosti směsi, zamezit detonačnímu spalování apod. U moderních motorů **mohou výpadky elektrické jiskry způsobit zničení katalyzátoru** (zápalná směs hoří a expanduje až v katalyzátoru).

6.2 Druhy zapalování

1. **Bateriové.**
2. **Magnetoelektrické – kontaktní.**
3. **Magnetoelektrické, polovodičové – bezkontaktní.**

5. **Tyristorové (kondenzátorové) kontaktní.**
6. **Tranzistorové, bezkontaktní** s induktivním nebo Hallovým snímačem v rozdělovači.
7. **Elektronické zapalování.**
8. **Plně elektronické.**

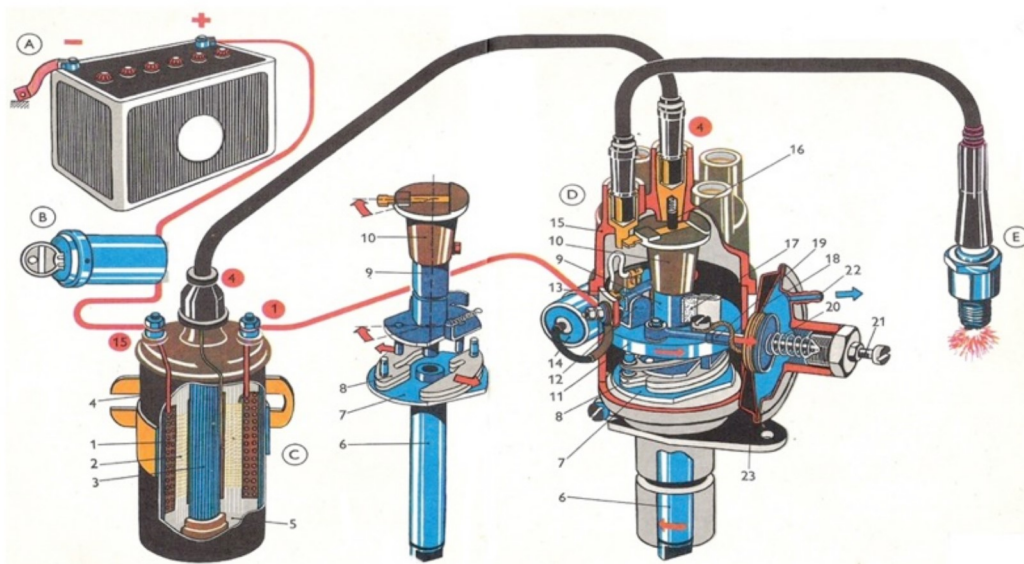
6.3 Složení, činnost, diagnostika, opravy, seřízení a údržba bateriového zapalování

6.3.1 Složení bateriového zapalování – hlavní části. (Obr. 1, 2-5)

Primární obvod, nízkého elektrického napětí: akumulátor (A), spínací skříňka (B), zapalovací cívka a její primární vinutí (C), přerušovač (12,13), kondenzátor (14), propojovací elektrické vodiče včetně svorek a konektorů.

Sekundární obvod, vysokého (zapalovacího) napětí: zapalovací cívka, její primární a sekundární vinutí (C), vysokonapěťové (zapalovací) kabely, včetně koncovek, rozdělovač (D), zapalovací svíčka (E).

Zapalovací cívka v součinnosti s **přerušovačem a kondenzátorem** slouží ke zvýšení nízkého elektrického napětí baterie (akumulátoru) - ze 12 V obvykle na 8000 až 24 000 V (obr. 1, 2). Jádrem cívky je tvořeno transformátorovými ocelovými plechy. Na jádře je navinutá sekundární cívka z měděného drátu ($\varnothing$ 0,05-0,1 mm), asi 40 000 závitů. Na sekundární cívce je navinutá primární cívka z měděného drátu ($\varnothing$ 0,6-0,9 mm), asi 350 až 600 závitů. Jádru i cívky jsou elektricky izolovány mezivrstvou izolace a vše je umístěno v keramickém izolačním bloku. Vnější hliníkové pouzdro je po obvodu vyplněno magneticky vodivými plechy a zbývající prostor je vyplněn asfaltovou zalévací hmotou, (asfalt + dehet), pro dobré chlazení. Ve víku z izolačního materiálu (reaktoplastu) je na svorku 15 připojen začátek primární cívky a její konec na svorku 1. Začátek sekundární cívky je připojen k jedné ze svorek – 15 nebo 1 - funkci zapalování to neovlivňuje. Toto úsporné zapojení (jako tzv. „autotrasformátor“) využívá i primárního vinutí k elektromagnetické indukci a dosažení vyššího zapalovacího napětí. Konec sekundární cívky je vyveden na svorku 4.



Obr. 1 Složení bateriového zapalování. [18]

(Podrobný popis, funkce a činnosti všech součástí bateriového zapalování, včetně zobrazení, je uveden v rámci dalšího textu. Obr. 1, je určen především pro samostatné, aktivní opakování učiva z předmětu „Motorová vozidla“.)

Kondenzátor (14) se při rozpojování kontaktů přerušovače nabíjí a pohlcuje elektrický náboj, který by způsobil značné jiskření a opalování kontaktů. Současně tím až 20 x urychlí přerušování elektrického proudu. Na velmi rychlém přerušování elektrického proudu protékajícího primárním vinutím také závisí velmi rychlé zanikání magnetického pole

vací cívce a velmi intenzivní indukce **TECHNOLOGIE OPRAV** 1bného pro zapalování. Kondenzátor je vyroben jako svitek 2 hliníkových folií – elektrod, navzájem izolovaných kondenzátorovým papírem napuštěným silikonovým olejem. Jedna z elektrod je spojená s kovovým obalem kondenzátoru a prostřednictvím ukostření spojená s pevným kontaktem přerušovače. Druhá je prostřednictvím elektrických vodičů připojená k pružině kontaktu pohyblivého raménka přerušovače.

Ostatní části bateriového zapalování budou popsány při popisu jeho činnosti, seřizování a opravách v dalším textu.

6.3.2 Činnost bateriového zapalování

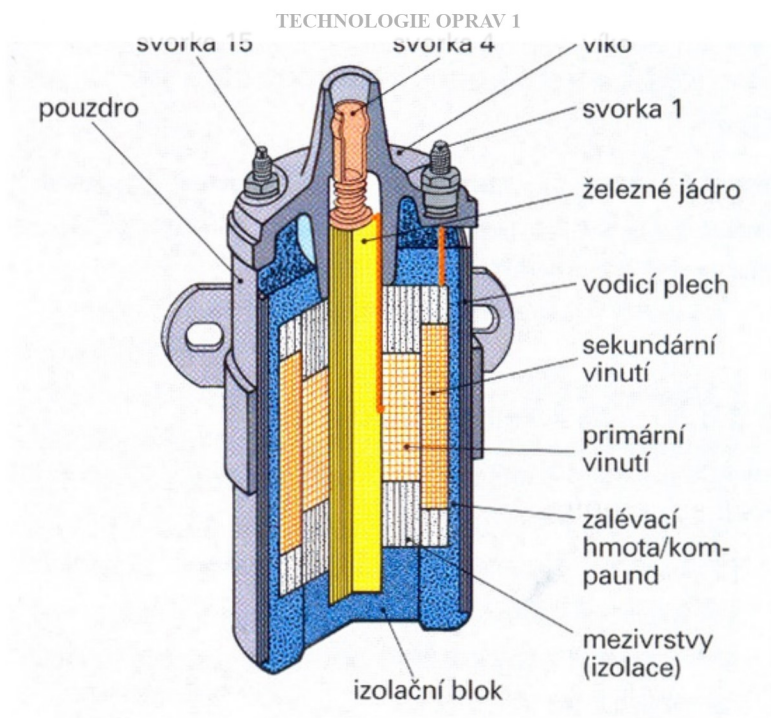
Elektrický proud je veden z akumulátoru na svorku 30, spínací skříňky. Při zapnutí zapalování, propojí spínací skříňka svorku (30) se svorkou (15) a kabelem je přiveden elektrický proud na svorku (15) zapalovací cívky. Jsou-li kontakty přerušovače spojeny, protéká elektrický proud primárním vinutím zapalovací cívky na svorku (1) a odtud na svorku (1) přerušovače. Přes jeho pevný kontakt protéká elektrický proud na kostru.

V primárním vinutí v důsledku průtoku elektrického proudu vzniká magnetické pole. Při jeho vzniku (tj. i při každém sepnutí kontaktů), vlivem vlastní **indukce** (samoindukce) se indukuje v primárním vinutí napětí opačného směru. Proto brzdí o 0,010–0,015 s rychlý vznik magnetického pole stejného směru, jaký má elektrický proud přitékající od akumulátoru, a tím i okamžité zvýšení intenzity toku elektrického proudu. **Toto zpoždění je příčinou, že u bateriového zapalování za vysokých otáček klesá zapalovací napětí a tím i kvalita jiskry.** (U 4válcového motoru z 25 kV–800 ot/min na 10 kV–5000.min⁻¹.) Vadí to zejména u 6 a víceválcových motorů. Při otáčení vačky přerušovače (obr. 1; obr. 3, 4), se nadzvedne pohyblivé raménko a dojde k rozpojení kontaktů.

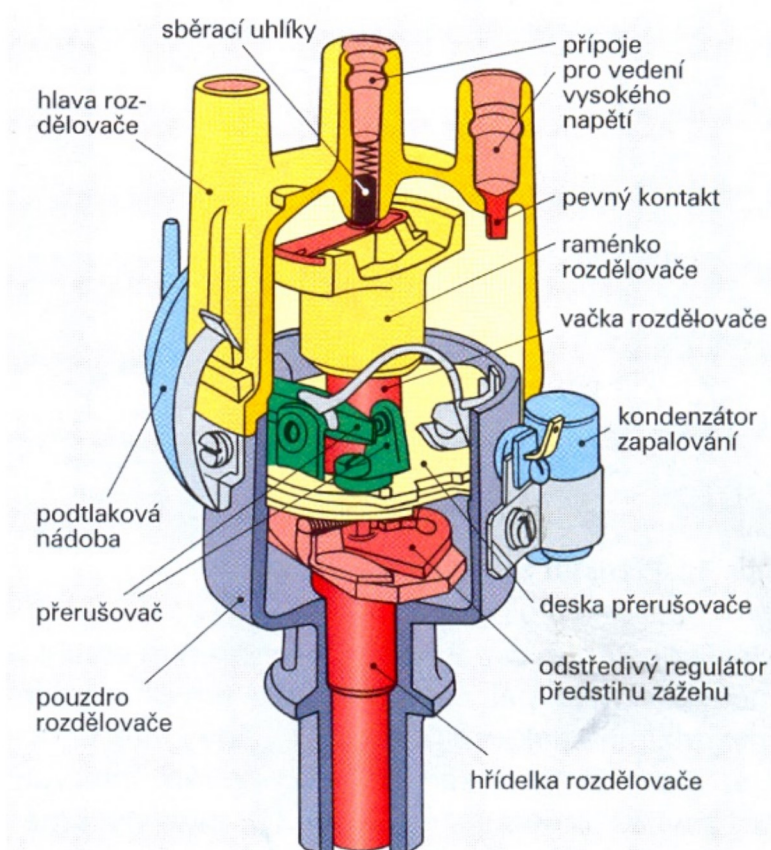
Při rozpojení kontaktů magnetické pole zaniká a svými siločarami protíná vinutí obou cívek. V primárním vinutí **se indukuje elektrické napětí 300 až 400 V a elektrický proud intenzity 3 až 4 A, jaký má elektrický proud přitékající od akumulátoru.** Ke kontaktům přerušovače je paralelně připojený kondenzátor, který asi 20 x urychlí přerušování toku elektrického proudu a způsobí i stejně rychlý zánik magnetického pole. Tato **velmi rychlá změna magnetického pole protíná svými siločarami vodiče obou cívek a způsobí v nich indukci vysokého zapalovacího napětí, asi 8–25 kV.**

Konec sekundárního vinutí zapalovací cívky (svorka č. 4) je vyveden vysokonapětovým **kabelem** přes odpružený uhlíkový kartáček (16) na otočné raménko – „**palec**“ **rozdělovače** (10). Z otáčejícího kontaktu palce přeskakuje vysoké napětí (mezerou 0,2–0,3 mm) na pevné kontakty v **hlavici rozdělovače**, propojené vysokonapětovými kabely a jejich koncovkami k jednotlivým **zapalovacím svíčkám** (E).

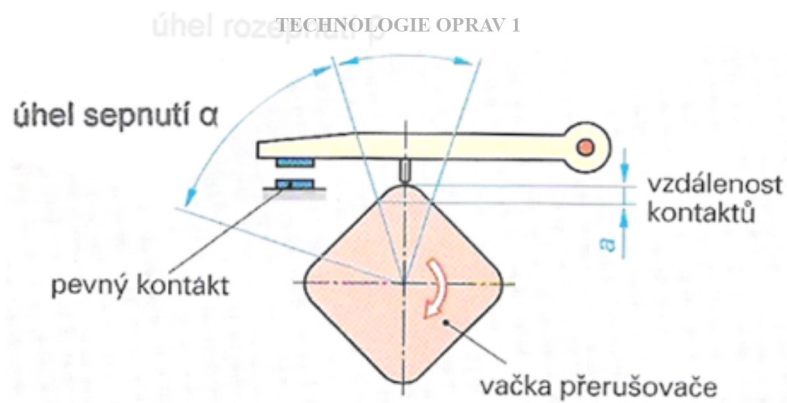
Součástmi rozdělovače jsou také **odstředivý** (8) a **podtlakový regulátor předstihu** (20). Odstředivý regulátor při zvyšování otáček, zvětšuje předstih zapalování, zpravidla až o 20° (měřeno na klikovém hřídeli). Při stejné rychlosti hoření je při vyšších otáčkách méně času na dokonalé prohoření směsi, proto se předstih zvyšuje. Podtlakový regulátor (18) zvětšuje předstih obvykle až o 15° (měřeno na klikovém hřídeli). Při částečně otevřené škrticí klapce karburátoru je směs ochuzená, déle hoří a proto také potřebuje větší předstih. Podtlakový regulátor je spojen hadičkou s prostorem u škrticí klapky karburátoru.



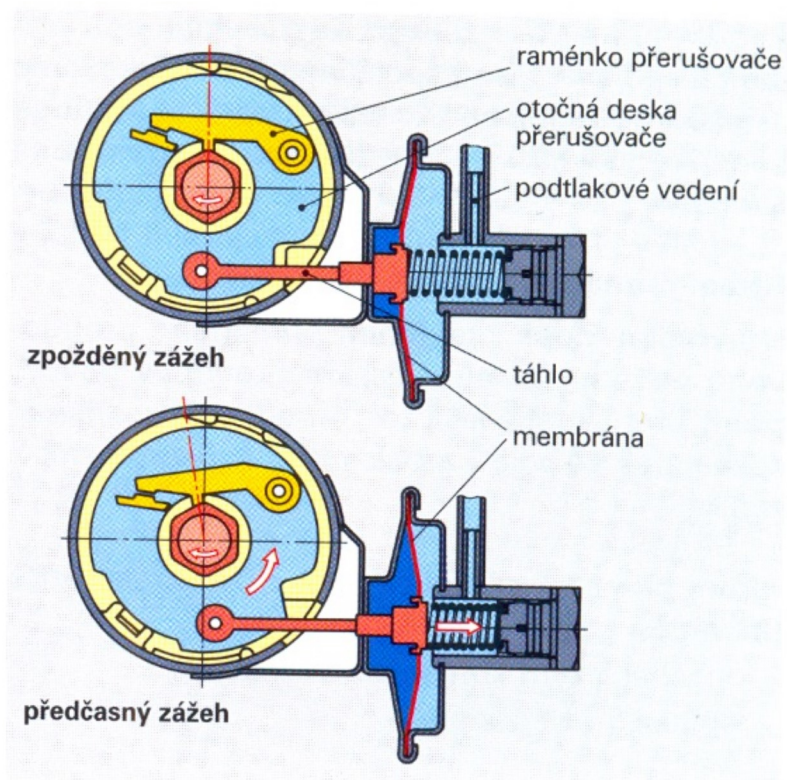
Obr. 2 Složení zapalovací cívky. [1]



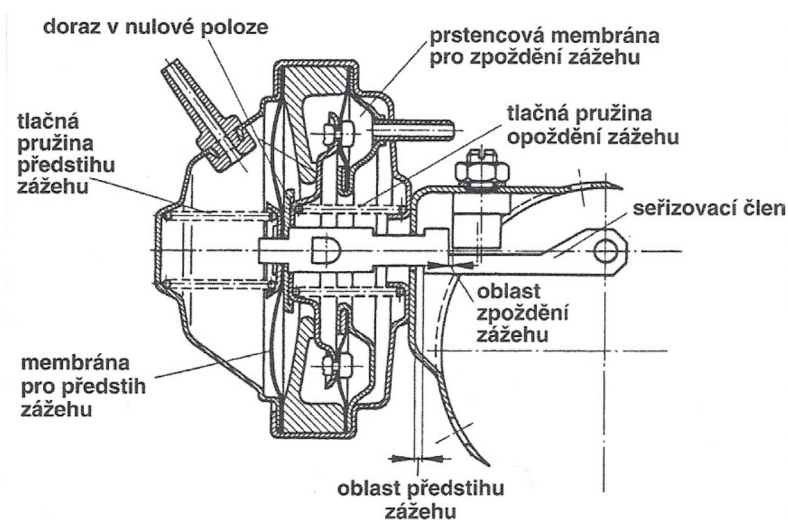
Obr. 3 Složení rozdělovače. [1]



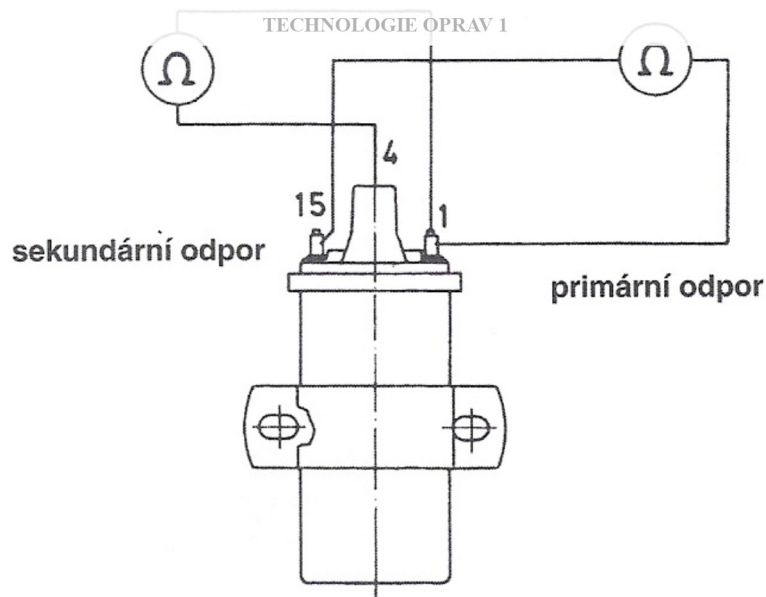
Obr. 4 Schéma činnosti přerušovače. [1]
(vzdálenost kontaktů – odtrh = $0,4 \pm 0,05$ mm)



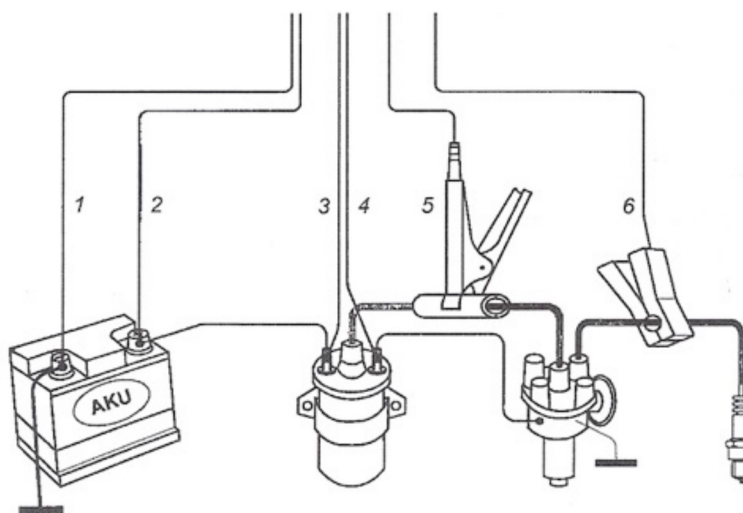
Obr. 5 Podtlakový regulátor. [1]



Obr. 5a Podtlakový regulátor předstihu a zpoždění zážeh (Bosch.) [2]



Obr. 6 Měření přerušení vinutí zapalovací cívky. [2]



Obr. 7 Zapojení osciloskopu. [3] Legenda zapojení: 1-(-) pól akumulátoru; 2-(+) pól akumulátoru; 3 - svorka (15) zapalovací cívky; 4 – svorka (1) zapalovací cívky; 5 – snímání vysokonapěťových impulzů z kabelu mezi svorkami (4), zapalovací cívky a rozdělovače; 6 – snímání synchronizačního impulsu, klešťovým indukčním snímačem z kabelu od 1. válce.

Zapojení dle obr. 7 je určeno pro kontrolu všech, tj. i elektronických zapalovacích soustav s mechanickým rozdělovačem.

6.3.3 Základní opravy, seřízení a údržba bateriového zapalování

6.3.3.1 Diagnostika základní funkce bateriového zapalování

Bateriové zapalování je v současnosti nahrazováno bezkontaktními a elektronickými systémy. U starších vozidel je však velmi rozšířené a pro pochopení složitějších systémů je nutné dobře znát, principy složení a činnost bateriového a magnetoelektrického zapalování.

6.3.3.2 Stanovení reálných podmínek diagnostiky bateriového zapalování

Vyplývá ze situace, kdy se nedaří motor vybavený bateriovým zapalováním nastartovat nebo když proti vůli řidiče motor zhasne a nedá se nastartovat.

TECHNOLOGIE OPRAV 1

Funkci baterioveno zapalování overujeme obvykle až po **proverení, zda do karburátoru priteka benzin.**

(Bližší popis je v tématu: T 15 Doprava paliva u zážehových motorů, palivové soustavy zážehových motorů s karburátorem. Příčinou této poruchy může také být voda v karburátoru a další závady, ale to ověřujeme z důvodu vyšší montážní náročnosti až po ověření, zda zapalování může plnit svou základní funkci uvedenou v odstavci 6.1).

Především musíme znát, jakou mají funkci jednotlivé části zapalování a jaké je správné zapojení u daného motoru. (Před svorkou 15 může být např. zapojený předřazený rezistor, který je při startu přemostěn pomocí relé, ovládaného spínací skříňkou. V tom případě elektrický proud pro zapalování, během startování přichází od svorky na startéru, přímo na svorku 15, čímž se zvýší napětí a kvalita jiskry při startu. Cívka s předřadným odporem má primární vinutí navinuté na 10 V a menší elektrický odpor – 1,5 Ω. Za normálního chodu motoru napětí přicházející do primárního vinutí na tuto hodnotu snižuje předřadný rezistor.)

6.3.3 Doporučený postup diagnostických úkonů: (popis podle obr. 1)

- a. Nejdříve zkontrolujeme, zda není **závada v propojení mezi zapalovací cívkou a rozdělovačem – nikdy netaháme za kabely, ale za koncovky.** Podobně prověříme jednotlivé kabely k zapalovacím svíčkám. Podobně zkontrolujeme, zda nejsou někde uvolněny vodiče primárního okruhu. Nejlépe je ihned také prověřit zda po zapnutí zapalování protéká elektrický proud až k rozdělovači a není někde špatný, zoxidovaný kontakt na svorce nebo konektoru. (Mezi akumulátorem a svorkou 15 zapalovací svíčky je dovolený úbytek napětí 0,8 V, při jmenovitém napětí 12 V.) Kontrolujeme multimetrem, nouzově alespoň žárovkovou zkoušečkou.

Pokud jsme zjistili a odstranili závadu, která by mohla být příčinou poruchy, opět ověříme základní funkci bateriového kontaktního zapalování – podle odst. b a c.

- b. Po sejmutí koncovky vysokonapěťového kabelu ze zapalovací svíčky 1. válce vložíme místo svíčky přibližně stejně dlouhý kousek odizolovaného vodiče o Ø 4–6 mm. Koncovku s vodičem pro zesílení izolace přidržujeme v izolovaných kleštích *nebo ji vhodně upevníme*, např. pomocí suchého hadru a motouzu, aby **mezera** mezi vodičem a „kostrou“ **byla 8 až 10 mm. byla 8 až 10 mm. Zapneme zapalování a pomocí startéru protáčíme motorem. Přes uvedenou mezeru mezi vodičem a „kostrou“ musí jiskra bezpečně přeskakovat.** Pokud tomu tak je, ověříme to i u ostatních válců. Tím zjistíme, že zapalovací svíčky dostávají i při startu zapalovací napětí min. 10 kV. *Použití zapalovací svíčky, ke stejnému účelu je málo průkazné. Má mezeru mezi kontakty např. jen 0,7 mm. Uvnitř motoru pod kompresním tlakem se zhuštěním stlačených plynů jejich izolační (dielektrické) vlastnosti zesilují a nemusí slabá jiskra již vůbec přeskočit!*
- c. Pokud ověření základní funkce zapalování, přes koncovku svíčky nebylo úspěšné, ověříme, zda není závada v rozdělovači (vadný palec, nebo hlava rozdělovače). Po vyjmutí koncovky vysokonapěťového kabelu z hlavy rozdělovače postupujeme podobně, jak je uvedeno v odst. b), jen s tím rozdílem, že nastavíme mezeru mezi kontaktem a kostrou na 15 až 20 mm.

Poznámka: pokud se nám podaří v dalších krocích najít a odstranit závady, které by mohly být příčinou poruchy, tak se samozřejmě vrátíme zpět ke krokům uvedeným v odst. b, c. Pak znovu ověříme základní funkci bateriového zapalování.

- d. Pokud předchozími zásahy nebyla porucha odstraněna, pokračujeme takto: Před sejmutím hlavy rozdělovače si **označíme vysokonapěťové kabely** např. pomocí lepicí karosářské pásky a fixu. Sejmeme hlavu rozdělovače (15) a zkontrolujeme funkčnost **přerušovače** (připojení, zjevná poškození, čistota).
- e. Obvykle v první řadě **očistíme a odmastíme kontakty přerušovače**, např. čistým proužkem textilního plátna, které nepouští chlupy. Proužek plátna namočíme v technickém benzínu a protáhneme je několikrát mezi kontakty, pomocí dvou malých plochých šroubováků.
- f. Zkontrolujeme stav kontaktů přerušovače. Jsou-li kontakty opálené, nerovné, dobře nepřiléhají nebo nemají správný

lak, vyměníme je. Přitlačná síla pružiny **TECHNOLOGIE OPRAV 1 N**. (Odpovídá zvedání 0,5–0,6 kg).

- g. Pootáčíme motorem (tahem za klínový řemen nebo klíčem za matici řemenice klikového hřídele nebo i tlačení vozidla při zařazené nejvyšší rychlosti), abychom dosáhli největšího oddálení pohyblivého kontaktu od pevného. Podle potřeby seřídíme maximální odtrh kontaktů přerušovače (u 1–4 válcových motorů – **0,35 až 0,45 mm, tj. $0,4 \pm 0,05$ mm**) – **měříme pomocí měrek na kontakty**, spároměru - listových měrek. *V dalším textu slovem „odtrh“ nazýváme maximální mezeru, na kterou se vačkou oddaluje pohyblivý kontakt přerušovače od pevného. (Obr. 4).*
- h. Hlavu i palec rozdělovače rovněž pečlivě prohlédneme, zda nemá někde vodivou stopu po elektrickém průrazu nebo jiné poškození, pak jej očistíme a odmastíme.
- i. Jestli ani po těchto zásazích potřebnou jiskru zapalování nedává, může být příčinou poruchy vadný kondenzátor. Nejsnazší je, také vzhledem k jeho nízké ceně, jej nahradit novým. Dá se také přezkoušet jeho nabitím na jiném, běžícím motoru, který má také bateriové zapalování. Zkoušený kondenzátor přidržíme v elektricky izolovaných kleštích tak, aby jeho pouzdro bylo ukostřeno. Svorku kabelu kondenzátoru, pomocí dalších kleští přitiskneme na svorku (1) zapalovací cívky nebo rozdělovače. Ještě 5 - 10 s po odpojení svorky kabelu kondenzátoru a jejím přiblížení k jeho pouzdru na cca 2 mm – musí jiskra přeskočit. Zkoušíme min. 2 x! Pomocí síťového napětí 230 V jej smí testovat pouze osoby znalé v elektrotechnice podle §5, až §8, vyhl. č. 50/1978 Sb., ve znění ČSN EN 50 110 – 1 ed.2.
- j. Pokud ještě ani po všech správně provedených předchozích zásazích požadovaná jiskra nepřeskakuje, může být příčinou poruchy vadná zapalovací cívka – sekundární vinutí. **Vadná zapalovací cívka je neopravitelná.** Zpravidla dojde k jejímu zničení při zapomenutí vypnutí zapalování po nežádoucím zhasnutí motoru, pokud zůstanou shodou okolností kontakty přerušovače spojeny.
- k. Prerušení jejího vinutí lze proměřit multimetrem (ohmmetrem) – **obr. 6**. Orientační parametry elektrického odporu pro měření neporušení závitovým zkratem a nepřerušení vinutí jsou:
- pro **primární vinutí** 12 V zapalovací cívky **bez předřadného odporu 3 Ω , s předřadným odporem 1,2–1,5 Ω .**
 - pro **sekundární vinutí** **10 k Ω .**
- Měření zapalovací cívky nezahřáté na obvyklou pracovní teplotu není zcela spolehlivé. Stává se, že po zahřátí pracovním zatížením opět zapalovací cívka není funkční. Proto při podezření na závadu v zapalovací cívce (nezjistili jsme v předchozích krocích funkční závadu) ji vyměníme. Na zkušební stoličce se zapalovací cívka měří vždy zahřátá, po 2 h normálního chodu zapalování.
- l. Další možnou příčinou poruchy může být **závada, kterou se nám v okruhu přenosu vysokého napětí zatím nepodařilo odhalit.** Závada může být hned **v hlavě rozdělovače – elektrický průraz mezi kontakty** (min. izolační odpor 100 M Ω). Může být **vadný uhlíkový kartáček s pružinou.** Některé **palice rozdělovače mívají vřazen odrušovací odpor 2–5 k Ω ,** může být přerušený. Rovněž tak může být **přerušený uhlíkový, nebo feritový vodič** vysokonapěťového kabelu nebo jen **povytažen z koncovky** při neodborném zacházení. Při proměřování **vysokonapěťových kabelů**, platí zásada, že **součet celkového odporu**, který postupně měříme od svorky (4) zapalovací cívky přes rozdělovač až k zapalovací svíčke, **při použití měděných kabelů nemá být menší než 6 k Ω . U kabelů s uhlíkovým nebo induktivním - feritovým jádrem nemá přesahovat 20 k Ω .** Kontakty koncovek kabelů (mimo měděných) nesmíme čistit čističem kontaktů (např. Kontakt 60), aby nedošlo k poškození spojení kovového kontaktu s jádrem. Vadné díly samozřejmě vyměníme.
- m. Pokud již zjistíme, že **přeskok jiskry dosahuje vzdálenosti 8 – 10 mm**, je nutné nejdříve **provést kontrolu stavu zapalovacích svíček.** Před jejich demontáží vyčistíme jejich okolí, nejlépe vyfoukáním stlačeným vzduchem apod. Při jejich demontáži speciálním klíčem je ihned prohlédneme, zda nejsou mezi nimi podstatné rozdíly, které by svědčily o závadě v příslušném válci – podrobnosti viz kap. 6.7. – obr. 34. Přehledně je uložíme (napíchneme je koncovkou do papírové lepenky apod.) a označíme. Z praktických důvodů, zejména pro snazší protáčení motorem provedeme jejich

- n. Nyní již je vhodné zkontrolovat a seřít **základní předstih**. To můžeme udělat několika způsoby. I bez přístrojového vybavení snadno nastavíme základní předstih způsobem „**na jiskru**“ takto: na zapalovací svíčku 1. válce, připojíme její vysokonapěťový kabel. Potom ji upevníme k elektricky vodivé části motoru („kostře“) např. měděným drátkem za zápih závitu svíčky tak, abychom při další manipulaci viděli na její jiskřiště. Pootáčením **řemenic klikového hřídele** (viz odst. g), **nastavíme rysku na řemenici** (popř. na setrvačniku) **proti rysce základního předstihu na motoru, např. 5° před HÚ**. Přitom **1. válec** musí být v **kompresním zdvihu**. **Palec rozdělovače musí směřovat ke kontaktu 1. válce**. *Pokud tyto skutečnosti neověříme, mohli bychom omylem nastavit předstih pro 4. válec. U 4válcového motoru v takovém případě jiskra přeskakuje na jinak správně připojené svíčke 1. válce na konci jeho výfukové doby. Signalizační pomůckou průběhu komprese 1. válce může být přípravek vyrobený jako kuželová zátka s pišťalkou, kterou vložíme do otvoru zapalovací svíčky. Pro jakoukoliv kontrolu polohy pístu nesmíme používat takový přípravek nebo nástroj, který by mohl spadnout do válce.*
- o. Po **uvolnění stahovacího šroubu na držáku rozdělovače** (obr. 1/poz. 23), jím nejdřív **pootočíme** ve smyslu otáčení palce **na nulový předstih – kontakty se sepnou**. Zapneme zapalování a otáčíme rozdělovačem velmi pomalu proti smyslu otáčení palce rozdělovače, až na svíčke 1. válce přeskóčí jiskra. Několikrát to zopakujeme a **po utažení držáku rozdělovače opět zkontrolujeme správnost seřízení**. Nejdřív **vždy pootočíme motorem zpět proti smyslu otáčení motoru a to o několik (°) stupňů víc**, aby došlo k dokonalému sepnutí kontaktů přerušovače. Při kontrole nastavení předstihu, pootáčíme motorem obzvlášť velmi pomalu ve smyslu jeho otáčení. Okamžik přeskoku jiskry tj. předstih zapalování, můžeme také kontrolovat pomocí žárovkové zkoušečky nebo voltmetru. Připojují se krokosvorkami k pevnému a pohyblivému kontaktu přerušovače. Při rozpojení kontaktů se žárovka rozsvítí nebo voltmetr ukáže napětí ≥ 12 V.
- p. Nyní se zaměříme na **zapalovací svíčky**. Pokud je možná jejich zpětná montáž vzhledem k jejich technickému stavu, tak je podle potřeby **očistíme – bez použití kovových kartáčů**. Ty zanechávají na izolátorech kovové stopy, které zhoršují jejich izolační funkci. Nejlépe je vyčistíme opatrným opálením propan-butanovým plamenem. Zahříváme kontakty maximálně do červeného žáru. Zkontrolujeme **mezeru mezi kontakty** pomocí spároměru (listových nebo tyčových měrek). Pokud to umožňuje provedení elektrod, seřídíme vzdálenost elektrod opatrným přihýbáním vnějších elektrod kleštěmi. Dodržujeme přitom správnou, výrobcem předepsanou mezeru mezi kontakty, např. 0,7 mm. Pokud zapalovací svíčky měníme, přesně dodržujeme doporučení výrobce vzhledem k předepsaným parametrům: průměr a délka závitu, tepelná hodnota, uspořádání a vzdálenost elektrod, tvar těsnicí plochy, odrušení. (Obr. 33.) Závit v hlavě válců a dosedací plochy pečlivě očistíme – již bez použití stlačeného vzduchu – štětcem, hadrem apod. Závit v hlavě válců motoru je vhodné pročistit vyřazenou svíčkou, na které jsme vypilovali napříč závitem rýhu. Závit na montovaných svíčkách můžeme lehce potřít mazacím tukem s grafitem, i když současně vyráběné zapalovací svíčky jsou pokovené (Cu, Ni, Zn) a obvykle s nimi nebývají velké problémy s demontáží. Pokud jsme závit namazali, volíme spodní hranici předepsaného utahovacího momentu. **Utahovací momenty** stanovují výrobci zapalovacích svíček podle tvaru těsnicí plochy (rovné nebo kuželové) a materiálu hlavy válců – jsou uvedeny v kapitole 6.7 Zapalovací svíčky.
- Při nouzové montáži, tj. bez použití momentového klíče, platí: nejprve dotažení rukou, tj. i když musíme použít klíč, svíčku dotáhneme bez použití páky klíče. Při konečném dotažení ještě pootočíme pákou klíče u svíček s kuželem o 15°; u již použitých svíček s plochým těsnicím kroužkem o 15°, u nového těsnicího kroužku o 90° u svíček Bosch a o 120° u svíček Brisk.**
- q. Pokud je motor schopen normálního chodu, tak potom mnohem přesnější je měřit maximální odtrh prostřednictvím elektrického měření **úhlu sepnutí kontaktů přerušovače**. Měříme běžným multimetrem pro autoelektriku. Při jeho zapojení se řídíme manuálem výrobce multimetru. Nejčastěji se připojuje (+) ke kontaktu 1 na rozdělovači nebo zapalovací cívice a druhou krokosvorkou (–) na kostru. Obvykle požadovaný **úhel sepnutí u 4. válcového motoru je 48° až 55°/tj. 54 – 62%**. Měříme při 1000 až 1200 ot/min. Je-li příliš velký úhel sepnutí - odtrh zvětšíme, naopak při malém úhlu sepnutí kontaktů - odtrh zmenšíme. **Vždy po změně seřízení odtrhu musíme seřít předstih.**
- r. Nejrychlejší kontrola správnosti nastavení a seřízení **základního předstihu** je pomocí **stroboskopické lampy za vol-**

ěžných otáček motoru. V dokonalejším **TECHNOLOGIE OPRAV** Toboskopické lampy i současné měření úhlu sepnutí kontaktů. Před měřením za klidu motoru očistíme místa, kde budeme stroboskopickou lampou svítit, a rysku na řemenici klikového hřídele zvýrazníme křídou. Podobně zvýrazníme i rysky (výstupky) pro seřizování předstihu na motoru. **Napájení stroboskopické lampy** připojíme na svorky akumulátoru (+ na +; – na –). **Indukční snímač** nasadíme na vysokonapěťový kabel 1. válce. Vhodnější pro toto měření je slabší vnější osvětlení. Po kontrole a seřízení základního předstihu zkontrolujeme při postupném a pomalém zvyšování otáček **nejdříve činnost odstředivého regulátoru, při odpojení hadičky od podtlakového regulátoru**. Měla by odpovídat grafu podle manuálu výrobce – obr. 8. V případě rozdílu lze seřizovat přihýbání úchyty pružinek u závaží odstředivého regulátoru. Pro kontrolu činnosti **podtlakové regulace** připojíme podtlakovou hadičku. Činnost podtlakové regulace je patrná při prudším přidání plynu. Za nízkých otáček motoru, se ještě více zvětšuje předstih (až o 15°), proti předchozímu měření činnosti pouze odstředivé regulace – **obr. 8**. Seřizuje se **podložkami pod pružinou membrány** podtlakového regulátoru - **obr. 5**. Je možné se setkat také s **dvojitým podtlakovým regulátorem** (Bosch). Má dvě membrány. První reguluje předstih. Má stejnou funkci a připojení podtlaku, jako běžné podtlakové regulátory. Druhá membrána reguluje zpoždění zážehu. Její komora je hadičkou připojena k prostoru mezi škrticí klapkou a sacími ventily. Při uzavření škrticí klapky, při volnoběhu nebo brzdění motorem zpožďuje zážeh, tím zlepšuje průběh spalování, omezuje tvorbu škodlivin a zklidňuje volnoběh motoru. Při opravách a seřizování musíme dbát, aby nedošlo k záměně v připojení podtlaku.

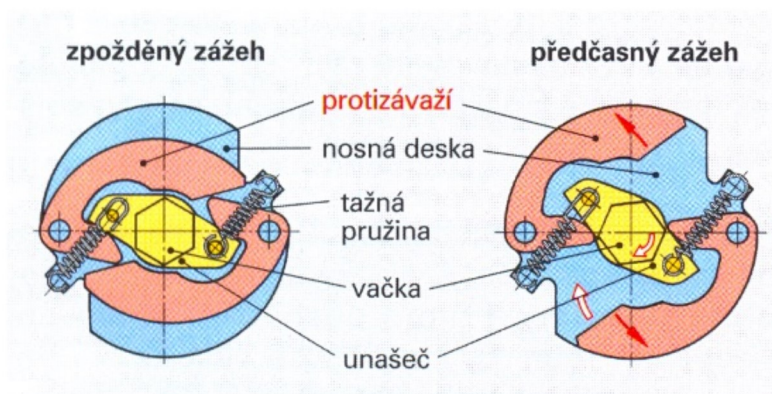
6.3.3.4 Zásady pro údržbu a opravy bateriového zapalování

- a. Termíny jednotlivých úkonů údržby - servisní intervaly - stanovil výrobce vozidla a jsou vázány na počet ujetých km nebo časově. Rozhoduje, který termín nastane dříve. Uvedené orientační intervaly odpovídají starším automobilům Škoda.
- b. Při mytí motorového prostoru **nesmíme připustit, aby se voda dostala do systému zapalování**. Nejvhodnějším řešením je po označení zapojení vysokonapěťových kabelů je sejmut i s hlavou rozdělovače. Zbývající části, tj. zapalovací cívku a rozdělovač, pečlivě zakryjeme dobře upevněnou plastovou folií (např. průtažnou stretch folií šíře 10 cm). Najdete ji např. na <http://www.top-obaly.cz/stretch-folie/c-1143/>.
- c. Všechny části **zapalování udržujeme čisté, suché a nezamaštěné**. Myjeme je technickým benzinem nebo lihem. Pro vysušení např. okolí zapalovacích svíček po vyfoukání vody stlačeným vzduchem dosušíme horkovzdušnou pistolí.
- d. **Vždy po ujetí 2500 km čistíme kontakty přerušovače**. Při použití již uvedeného způsobu – (6.3.3.2/e) zjistíme podle zašpinění čistícího, nejlépe bílého, plátna úroveň znečištění a současně je očistíme a odmastíme.
- e. **Mazání rozdělovače** - motorovým olejem: na plstěný polštářek pod palcem rozdělovače kápneme 3-5 kapek. Plstěný polštářek vačky přerušovače nejdříve vyčistíme technickým benzinem a mažeme jen 1 kapkou. Přebytečný olej, který se nevsákne, z polštářku vytlačíme. Čepy odstředivého regulátoru, mažeme 2 kapkami oleje. **Samomazné ložisko hřídele rozdělovače** se přimazává nízkotuhnoucím olejem, určeným např. pro mazání šicích strojů. Mazání se provádí obvykle jen v souvislosti se seřizováním zapalování. Mazací otvor bývá uzavřený šroubkem. Je tak přístupný jen po demontáži rozdělovače z motoru. Některé typy rozdělovačů se mohou lišit přístupností olejové mazničky.
- f. **Každých 5000 km** kontrolujeme odtrh kontaktů přerušovače (úhel sepnutí kontaktů) – pokud bude nutné seřízení, musí se seřídít i předstih – (6.3.2.3/ f, l, m, o, p).
- g. **Každých 20 000 km vyměníme kontakty přerušovače** – (6.3.3.3/f,l,m,o,p). a **zapalovací svíčky** - (6.3.3.3/ p).
- h. Druh použitých svíček, mezera mezi kontakty, pokyny pro montáž, utěsnění, **utahovací moment apod. se řídí vždy předpisem výrobce**. (Viz str. 16, obr. 36, str. 17, obr. 38)
- i. **Každých 50 000 km** nebo po 5 letech, vyměníme vysokonapěťové kabely.

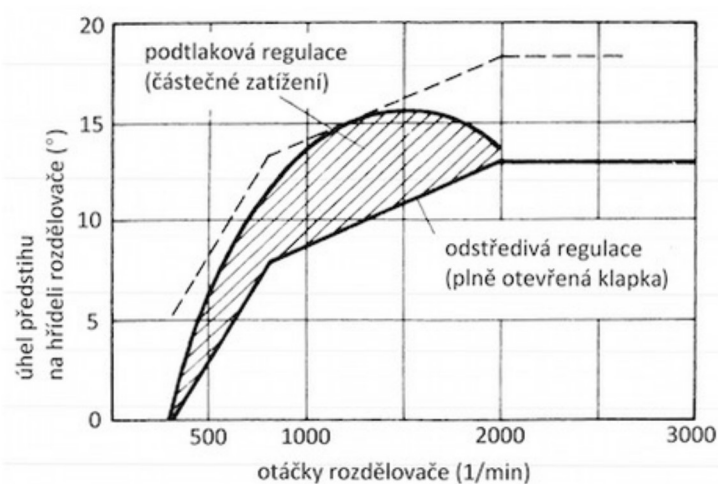
vykle po 50–80 tis. km, pokud se zjistí při **TECHNOLOGIE OPRAV** toboskopickou lampou již při volnoběhu velmi neklidný - rozkmitaný průběh ($> \pm 5^\circ$), svědčí to již o nadměrném opotřebení funkčních dílů rozdělovače. Jedná se obvykle o nerovnosti a rýhy na vačce a nadměrné mechanické vůle. Nejčastěji se mění celý rozdělovač. Je ovšem možné jen vyměnit opotřeбенé díly: hřídel rozdělovače s ložiskem včetně odstředivého regulátoru, vačku, kontakty přerušovače, kondenzátoru, vysokonapěťové kabely.

k. **Při montáži rozdělovače po opravě nebo výměně jej musíme správně nasadit** takto: natočíme klikový hřídel motoru tak, aby byl píst 1. válce na kompresním zdvihu a přesně v horní úvratí. Na hlavě rozdělovače si označíme fixem vývod vysokého napětí pro 1. válec. Po jejím sejmutí, natočíme palec rozdělovače, aby jeho kontakt směřoval ke kontaktu vývodu pro 1. válec. V této poloze rozdělovač zasuneme do otvoru v bloku motoru. Stahovací šroub držáku rozdělovače, poz. 23/obr. 1, povolíme a v této poloze držák přišroubujeme. Nasadíme hlavu rozdělovače a postupně ve směru otáčení palce rozdělovače nasazujeme podle pracovního pořadí (1–3–4–2) jednotlivé vysokonapěťové kabely.

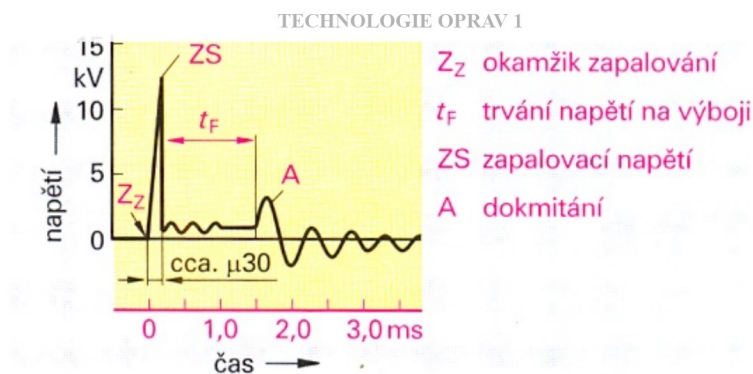
l. Při každé montáži a kontrole dbáme, aby **vysokonapěťové kabely byly pečlivě upevněné přichytkami** mezi kabely i k motoru a nedotýkaly se kovových částí. Funkčnost vysokonapěťových ověříme prohlídkou, zda nemají praskliny a jiná poškození izolace včetně koncovek a jejich kontaktů. Jejich celkový elektrický odpor, se má pohybovat v rozsahu od **6 do 20 k Ω** . - viz (6.3.3.3, l)



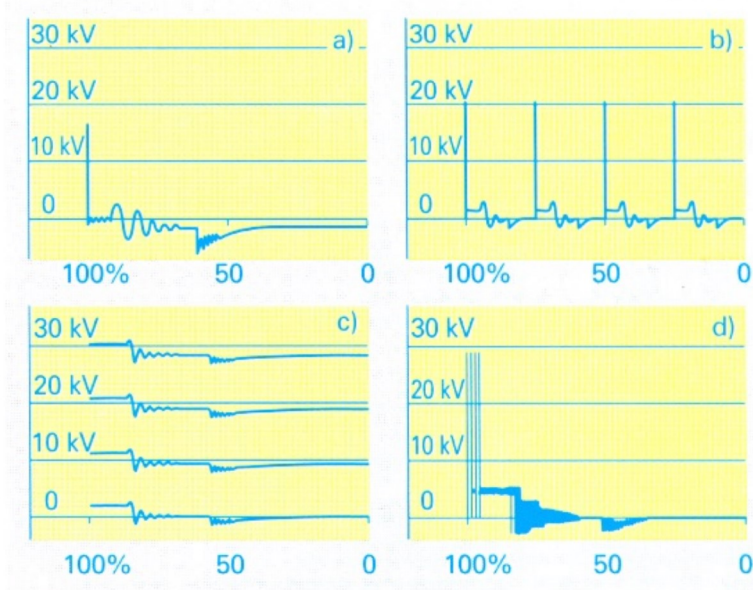
Obr. 8 Činnost odstředivého regulátoru. [1]



Obr. 9 Vzájemné působení odstředivé a podtlakové regulace. [7]



Obr. 10 Normální průběh elektrického napětí na elektrodách zapalovací svíčky [1]



Obr. 11 Různé možnosti nastavení oscilogramů: [1]

a) jednoho z válců; b) ve všech válcích vedle sebe; c) ve všech válcích nad sebou; d) překrývání ve všech válcích.

6.4 Základní opravy, seřízení a údržba magnetoelektrického - kontaktního zapalování

6.4.1 Magnetoelektrické - kontaktní zapalování (používá se u malých motorů, např. malých motocyklů apod.)

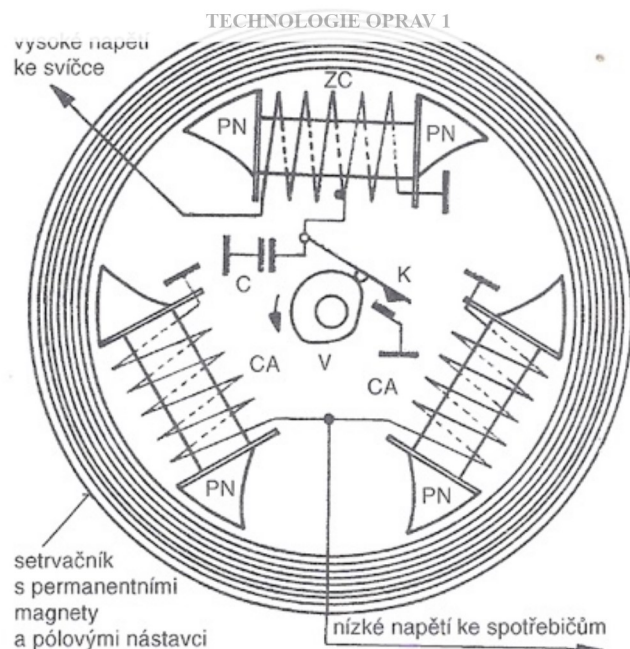
- Liší od bateriového zapalování především tím, že vlastní **energie pro zapalování se vyrábí elektromagnetickou indukcí** při otáčení permanentních magnetů kolem cívky, která může být i současně zapalovací. Nejčastějším provedením je tzv. **setrvačnickové magneto** – obr. 12, 13, 14. Jeho složení a činnost si snadno odvodíte porovnáním s činností bateriového zapalování.
- Při demontáži, obvykle vhodným šroubovým stahovákem sejmeme setrvačník s magnety. Přesvědčíme se, zda není poškozeno **kotoučové pero**, zajišťující správnou polohu rotoru a podle potřeby je vyměníme. Před demontáží statoru si označíme vzájemnou polohu důlčíkem a fixem.
- Stator i rotor** umyjeme technickým benzínem a vyfoukáme stlačeným vzduchem. Dbáme, aby se nám na rotor nepřichytly kovové piliny. Zkontrolujeme stav kontaktů přerušovače – nadměrně opotřeбенé vyměníme. Při kontrole a manipulaci s ostatními díly, tj. se zapalovací cívkou, kondenzátorem, kabeláží, zapalovací svíčkou apod., postupujeme podobně jako u bateriového zapalování – odst. 6.3.2.3/e, f, g.
- Dbáme na pečlivé očištění všech kontaktních a ukostřujících ploch (např. přípravky: Kontakt 60 – čistí; Kontakt 61 konzervuje, podobně jako WD 40). Při montáži statoru jej pečlivě usadíme podle vzájemného označení. Elektrické spoje a izolaci vodičů kontrolujeme, aby také nedošlo k nežádoucímu ukostření při poškození izolace. Zvláště pečlivě

istíme vysokonapěťový vývod k zapalovací svíčce. **TECHNOLOGIE OPRAV** i ový kabel s koncovkami má mít z důvodu odrušení elektrický odpor 6–20 kΩ)

- e. Po montáži statoru a rotoru nejdříve seřídíme maximální **odtrh – $0,4 \pm 0,05$ mm**. Bývá obvykle největší, když nastavíme píst do horní úvratí. Přerušování primárního proudu musí být seřizeno tak, aby proběhl současně elektrický i magnetický odtrh. Jinak nebude mít jiskra zejména pro start dostatečnou mohutnost.
- f. **Předstih** se kvůli synchronizaci s **magnetickým odtrhem seřizuje natáčením celého tělesa statoru s cívkami**. Magnetický odtrh nastává při otáčení rotoru v okamžiku, kdy póly permanentního magnetu opouští pólové nástavce zapalovací cívk. Při kontrole a seřizování této synchronizace máme vyjmutou zapalovací svíčku. Magnetický odtrh poznáme podle náhlého zvýšení odporu proti otáčení. V tom okamžiku, se mají současně začít rozevírat kontakty přerušovače jako při seřizování předstihu – odst. g). Vyrovnání rozdílů mezi magnetickým a elektrickým odtrhem se seřizuje pootáčením držáku kontaktů přerušovače. To umožňují jejich oválné otvory pro upevňovací šrouby.
- g. **Velikost předstihu** bývá uvedena v mm před horní úvratí pístu motoru. Může také **být vyznačen ryskami na statoru a rotoru**. Polohu pístu změříme buď speciálním přípravkem přes otvor zapalovací svíčky, nebo po sejmutí hlavy válců posuvným měřítkem (hloubkoměrem). Píst nastavíme do předepsané polohy předstihu, tj. např. 2,5 mm. Mezi kontakty přerušovače vložíme listovou měrku 0,05 mm. Můžeme ji nahradit proužkem alobalové folie – kancelářský papír je již příliš tlustý! Pootáčíme uvolněným **statorem ve smyslu otáčení motoru** až kontakty měrku (folii) sevřou. **Pootáčení statorem zastavíme v okamžiku, kdy už půjde měrka vytáhnout**. Stator upevníme a znovu po jeho utahení přezkoušíme, zda je předstih správně seřizen.
- h. Nejdříve zkusíme, zda nám při startování pákou nebo navíjecím lankem dává zapalování jiskru na zapalovací svíčce. Teprve jestliže byla tato zkouška úspěšná, zvolíme stejný postup, jak je uvedeno v odst. 6.2.3. /b, c, zda dosáhneme **délky jiskry alespoň 5 mm**. Pokud je jiskra kratší, ověříme znovu přesnost synchronizace magnetického a elektrického odtrhu. Pokud bylo vše provedeno dobře, může být u velmi letitých magnet problém se zesláblými magnety. Dají se „nabít“ na autoelektrikářské zkušební stoličce, kterou obvykle disponují dílny velkých zemědělských podniků a některé autoservisy. Aby magnety nezesláblly, nenecháváme magnetický rotor při demontáži dlouhodobě samotný a magnetický obvod uzavřeme vložením statoru. Předstih u tohoto druhu zapalování není regulován.



Obr. 12 Stator setrvačnickového magneta.[8]



Obr. 13 Schéma setrvačnickového magneta. [6]



Obr. 14 Rotor setrvačnickového magneta. [9]

Zapojení setrvačnickového magneta podle obr. 13 – je v zásadě stejné se skutečným provedením na obr. 12.

ZC - zapalovací cívka; PN - pólové nástavce cívek; C - kondenzátor; K - kontakty přerušovače; V – vačka; CA - cívky alternátoru; $\perp$ ukostření.

6.4.2 Hlavní nedostatky bateriového kontaktního zapalování a magnetoelektrického kontaktního zapalování

Jsou především dané potřebou poměrně časté údržby a seřizování mechanického přerušovače. Protichůdné jsou také požadavky mazání vačky přerušovače a současné udržování čistoty (odmašťování) kontaktů přerušovače. Kontakty jsou zatěžovány značným proudem, až 4 A. Díky tomu jsou značně opalovány jiskřením. V zapalovací cívkce při sepnutí kontaktů brzdí **vlastní indukce** elektrického napětí opačného směru **indukci zapalovacího napětí, což za vysokých otáček způsobuje snížení kvality jiskry**. Opačně je to u magnetoelektrických zapalování – při vyšších otáčkách se energie jiskry zvyšuje. Nejnižší je při startu. Nepojízdnost vozidla může způsobit i delší ponechání zapnutého bateriového zapalování při zastaveném motoru. Hrozí přehřátí zapalovací cívkky – pokud zůstanou kontakty přerušovače spojeny.

Z uvedených důvodů má klasické bateriové i magnetoelektrické kontaktní zapalování poměrně malou provozní spolehlivost, což je prakticky neslučitelné s používáním katalyzátoru a současným elektronickým vybavením motorových vozidel a zemědělských strojů.

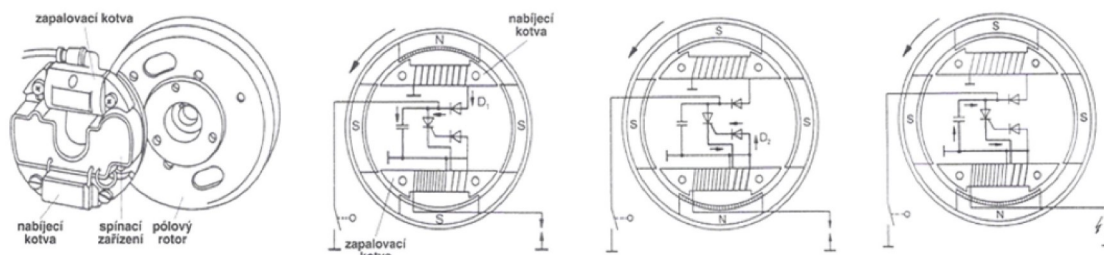
6.5 Magnetoelektrické polovodičové – bezkontaktní

Používá se u současně vyráběných motorů, malé mechanizace, motorových pil, malých motocyklů apod.

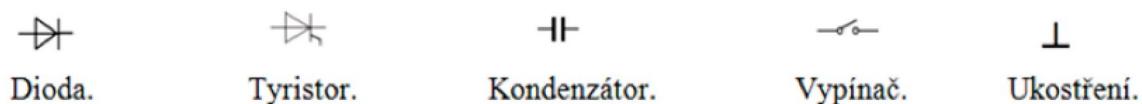
a. Složení magnetoelektrického, bezkontaktního zapalování, s vysokonapětovým kondenzátorem – obr. 15

Na základní hliníkové desce statoru, obr. 15 a, jsou umístěny nabíjecí kotva (cívka s pólovými nástavci), zapalovací kotva a spínací zařízení. Ve spínacím zařízení jsou všechny elektronické součástky (diody, tyristor, vysokonapětový kondenzátor) zality epoxidovou pryskyřicí a tím chráněny proti vlhkosti, vibracím a mechanickému poškození. V pólovém rotoru jsou neobvyklým způsobem, a to asymetricky, rozmístěny póly permanentních magnetů. Na obr. 15 b je nahoře 1 severní pól (N – north), po stranách a dole 3 póly jižní (S – south).

Použité permanentní magnety mají velmi vysokou **magnetickou stabilitu** (koercitivitu) a vzájemně se nezeslabují. Důvodem tohoto uspořádání magnetů je, aby při každé otáčce v okamžiku, kdy míjí severní pól zapalovací kotvu (speciální zapalovací trafo), se změnil směr magnetického toku. To vyvolá v primárním vinutí opačný napětový impuls, kterým je řízen okamžik přeskočení jiskry na zapalovací svíče. Další výhodou tohoto asymetrického uspořádání magnetů je, že zabraňuje nechtěnému opačnému chodu dvoudobých motorů. *Používají se také bezkontaktní magneta se symetrickým uspořádáním magnetů rotoru. V takovém provedení je napětový impuls, kterým je řízen tyristor, snímán elektromagnetickým snímačem z rotujícího ocelového můstku.*



Obr. 15 Schéma magnetoelektrického, bezkontaktního zapalování, s vysokonapětovým kondenzátorem. [2]



Obr. 16 Význam schématických značek.

- b. **Činnost při nabíjení kondenzátoru, obr.15 b):** při otáčení rotoru se v **nabíjecí kotvě** indukuje střídavý elektrický proud, který je **usměrňován diodou D 1**. **Nabíjí se kondenzátor**, ve kterém se hromadí elektrická energie potřebná k přeskočení elektrické jiskry na zapalovací svíče. **Tyristor je uzavřen** a elektrický náboj přes diodu 1 nemůže odtékat.
- c. **Aktivace tyristoru jako spínače, obr. 15 c):** při dalším pootočení rotoru se dostává severní pól magnetu k zapalovací kotvě, ve které se tím **změní směr magnetického toku**. Tato změna vyvolá v zapalovací kotvě **napětový impuls opačného směru**. V tom okamžiku **dioda 2 propustí kladnou půlvlnu elektrické napětí** z primárního vinutí **na spínací elektrodu tyristoru**. Tyristor se otevře a propojí nabitý kondenzátor s opačným (neukostřeným) koncem vinutí primární cívky.
- d. **Zapálení – přeskok jiskry na zapalovací svíče:** sepnutí tyristoru způsobí **silný proudový náraz** při vybití elektrického náboje kondenzátoru přes primární cívku na kostru. To způsobí **velmi razantní nárůst elektromagnetické indukce** jak v primárním, tak zejména sekundárním vinutí zapalovací kotvy. Zvýšení napětí na středové elektrodě zapalovací svíčky je velmi strmé a přispívá k samočisticí schopnosti zapalovací svíčky.

TECHNOLOGIE OPRAV 1

- e. **Regulace předstihu:** je založena na principu, že spínací **tyristor má vždy stejné spínací napětí**. Při zvyšování otáček rotoru, se zvyšuje indukované napětí rychleji, a proto se **indukuje dříve i spínací napětí**. Tím se posune okamžik zapálení na větší předstih.
- f. **Údržba a opravy:** tento systém zapalování je velmi spolehlivý. Vlastní elektrické spínací zařízení je neopravitelné, dá se jen vyměnit. Péče bývá omezena na ochranu před vniknutím vody, **výměnu zapalovacích svíček** nebo poškozeného vysokonapěťového kabelu.

6.6 Stručná charakteristika polovodičových, elektronických, a plně elektronických zapalování

6.6.1 Tranzistorové kontaktní zapalování

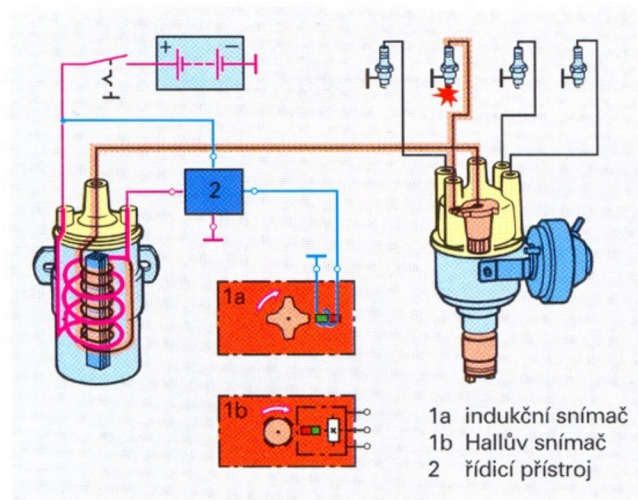
se liší od klasického bateriového zapalování pouze tím, že mechanický přerušovač řídí elektrické impulzy pro tranzistorovou ovládací (spínací) jednotku. Kontakty se již neopalují, jiskry jsou mohutnější, lépe zapalují i chudší směs. Ostatní části jsou v zásadě stejné.

6.6.2 Tyristorové kontaktní zapalování (kondenzátorové)

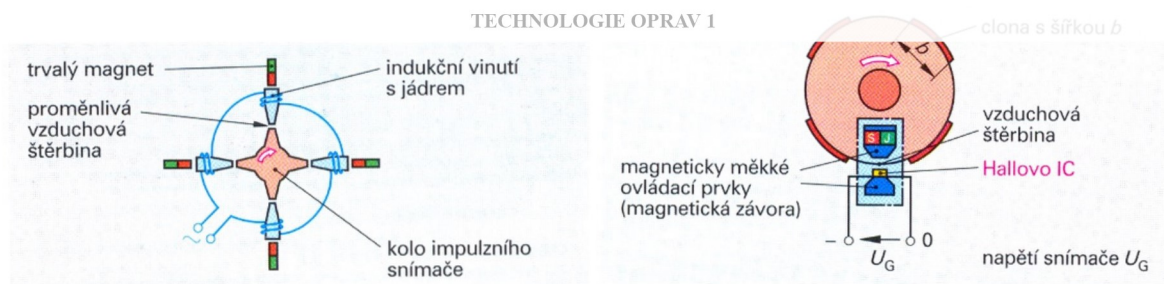
se liší od tranzistorového tím, že elektrická energie se hromadí především v kondenzátoru a spínání, tj. vybíjení kondenzátoru do zapalovací cívky, zajišťuje tyristor. Je poměrně složité. Tranzistorové i tyristorové zapalování se vyrábělo jen krátce. Bylo nahrazeno tranzistorovým (nebo tyristorovým) bezkontaktním zapalováním.

6.6.3 Tranzistorové (nebo tyristorové) bezkontaktní zapalování

s induktivním nebo polovodičovým tzv. Hallovým snímačem. Toto zapalování se liší od předchozích kontaktních tranzistorových a tyristorových zapalování bezkontaktním snímačem v rozdělovači. Ostatní komponenty jsou v zásadě stejné. Vyloučením kontaktního přerušování se odstranil hlavní nedostatek ve spolehlivosti a nepřesnosti zapalování. I u tohoto systému je regulace předstihu odstředivá a podtlaková. (U nás se tento systém začal používat u automobilu Škoda Favorit). Používá se u starších motorů s karburátorem, tak i u motorů se vstřikováním a katalyzátorem.



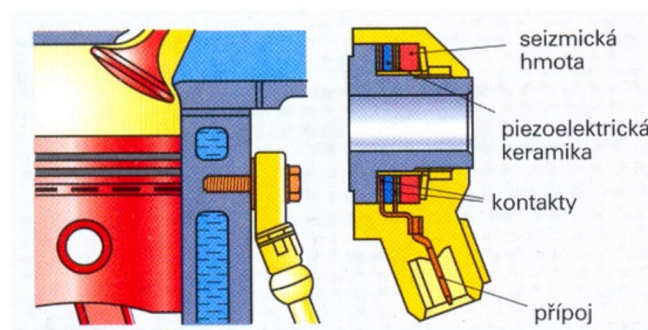
Obr. 17 Tranzistorové zapalování s impulzním snímačem. [1]



Obr. 18 Snímače impulzů: a) indukční; b) Hallův. [1]

6.6.4 Elektronické zapalování

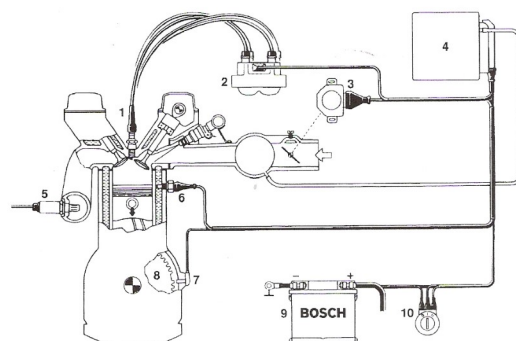
se liší od tranzistorového bezkontaktního zapalování elektronickou regulací předstihu zapalování. Mikropočítač vypočítává ze signálů od příslušných čidel potřebné přestavení předstihu. Řízení předstihu je elektronické. Systém používá ještě mechanický rozdělovač. Snímají se především otáčky, zatížení motoru (otevření škrticí klapky), tlak v sacím potrubí, teplota motoru, teplota nasávaného vzduchu, napětí akumulátoru, údaje z lambda sondy a popř. i klepání motoru (čidlo detonačního spalování).



Obr. 19 Snímač klepání. [1]



Obr. 20 Srovnání mechanické a elektronické regulace předstihu.[2]

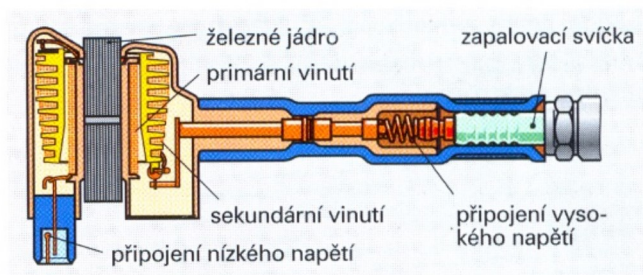


Obr. 21 Plně elektronické zapalování. [10]

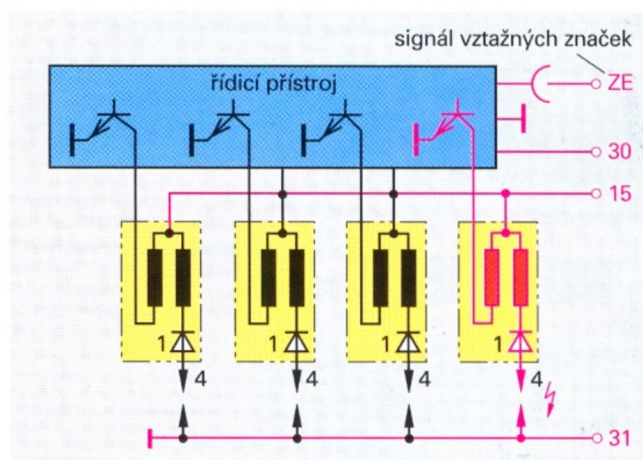
1 - zapalovací svíčka, 2 - dvoujiskrová zapalovací cívka, 3 - snímač (potenciometr) polohy škrticí klapky, 4 - řídicí jednotka motoru ECU, 5 - lambda sonda, 6 - snímač teploty motoru, 7 - snímač otáček a polohy klikového hřídele, 8 - ozubený kotouč snímače otáček, 9 - akumulátor, 10 - spínací skříňka.

TECHNOLOGIE OPRAV 1 0.6.5 Fine elektronické zapalování

se liší od elektronického zapalování především tím, že **nemá již mechanický rozdělovač**. Tím je omezena elektromagnetická úroveň rušení a ztráty napětí a proudu jiskřením v rozdělovači. Zapalování nemá žádné rotující díly. Provozní spolehlivost a vlastnosti, jsou ještě lepší než u elektronického zapalování (vyšší energie jiskry, přesněji řízený předstih apod.). V **jednodušším provedení (obr. 21) se používají 2 dvoujiskrové zapalovací cívky**. Jedné zapalovací cívce jsou přiřazeny dva válce motoru. U 4válcového motoru přeskakuje jiskra současně na svíčkách 1. a 4. válce a po polovině otáčky u 3 a 2. válce. Pokud se zapaluje směs v 1. válci na konci komprese, ve 4. válci končí výfuk a začíná sání. Současný přeskok jiskry na svíče ve 4. válci nemá v tom případě praktický význam. Stejná je činnost v opačném případě – 4. válec zapaluje a v 1. válci končí výfuk a začíná sání. Totéž platí při zapalování mezi 3. a 2. válcem. Řídící jednotce tak stačí poloviční počet koncových stupňů. V **složitějším provedení a pro motory lichým počtem válců má řídící jednotka pro každý válec samostatný koncový stupeň – jednojiskrovou zapalovací cívku**. (Obr. 22). V tomto provedení je rozváděno relativně nízké napětí (400 V) k zapalovacím cívkám nasunutým přímo na zapalovací svíčky. Výhodou je absence vysokonapěťových kabelů, snazší a dokonalejší odrušení.



Obr. 22 Jednojiskrová zapalovací cívka. [1]



Obr. 23 Zapalování s jednojiskrovými zapalovacími cívkami. [1]

Systémy zapalování	TECHNOLOGIE OPRAV 1.		
		predstihu	rozdělování vysokého napětí
cívková zapalování (SZ)			
tranzistorizovaná cívková zapalování (TSZ)			
tranzistorová zapalování (TZ)			
elektronická zapalování (EZ)			
plně elektronická zapalování (VZ)			
	elektronicky	mechanicky	

Obr. 24 Přehled systémů zapalování. [1]

6.6.6 Postup při hledání a odstraňování závad elektronického a plně elektronického zapalování

Systém plně elektronického zapalování je již propojen se systémem vstřikování paliva. Společné spínací zařízení je spojeno s digitální řídicí jednotkou, jejíž základní částí je mikropočítač. V něm je podle typu motoru naprogramováno pole charakteristik zapalování, podle něho se řídí okamžik přeskočení jiskry na svíčku s ohledem na zatížení a otáčky motoru. Ke kontrole a zjišťování závad elektronického a plně elektronického systému, je potřebný odpovídající testovací přístroj – **tester**. Testerem se nejdříve **přečtou a vyhodnotí závady z paměti mikropočítače** vozidla nebo stroje. Následně se testují, zda skutečně zjištěné hodnoty odpovídají zadaným, tj. naprogramovaným. Pokud se tímto způsobem pomocí testeru nepodaří závadu zjistit a odstranit, je nutné primární i sekundární okruh zapalování **prověřit osciloskopem**. K jeho připojení je nutné používat **kabelové adaptéry**, které jsou kompatibilní s použitými konektory na vozidle, aby bylo možné připojit osciloskop nebo tester bez poškození konektorů.

6.6.7 Zásady bezpečného zacházení při kontrole, seřizování a opravách zapalovacích systémů

Velmi důležité je vědět, že všechny **elektronické zapalovací systémy (od tranzistorových, tyristorových až po plně elektronické), mohou být velmi nebezpečné z hlediska úrazu elektrickým proudem! Zapalovací cívky u elektronických zapalování jsou v principu vysokonapěťové transformátory s menším indukčním odporem, než mají klasické zapalovací cívky.** Proto může při kontaktu s lidským tělem procházet i velmi nebezpečná intenzita elektrického proudu - nad 20 mA. Podle údajů, které již byly uvedeny v tématu (T1), zabývajícím se elektrickou energií, platí, že pokud proteče přes oblast srdce nebo mozku elektrický proud intenzity 100 mA, je smrtelný. Např.: protéká-li, přes spínací tranzistor primárního vinutí elektrický proud o intenzitě 9 A, může protékat při používaném transformačním poměru 90:1 na výstupu sekundárního vinutí 9 A : 90 A, tj. 0,1 A = 100 mA. Při normální úrovni 400 V, indukovaného napětí na primární cívkce se indukuje až 36 kV napětí na sekundární cívkce. Proto při výměně některých částí (zapalovacích svíček, vysokonapěťových kabelů), zapojování testovacích přístrojů apod., musí být zapalování vypnuté tak, aby nemohlo být nedopatřením zapojeno (klíč od zapalování máme u sebe apod.). Obvykle bývá možné odpojit akumulátor, za podmínek stanovených ve firemním manuálu. Vždy také musíme **vyčkat (min. 30 s), na vybití kondenzátorů zapalování. Velmi důsledně dodržujeme pokyny týkající se bezpečnosti práce uvedené ve firemních manuálech výrobce vozidla nebo stroje!**

6.7 Zapalovací svíčky

TECHNOLOGIE OPRAV 1

Ukolem zapalovací svíčky je, pomocí vyboje elektrické jiskry zapalit stlačenou směs paliva se vzduchem, ve spalovacím prostoru nad pístem spalovacího zážehového motoru. Na připojovací kontakt (koncovku) svíčky je přiváděno vysoké napětí asi 8 až 25 kV – max. až 40 kV, které je izolovaně přivedeno do spalovacího prostoru na střední elektrodu. Mezi střední a ukostřovací elektrodou přeskóčí elektrická jiskra, která asi po dobu 2 ms, hoří jako elektrický oblouk s intenzitou až 300 A. Teplota elektrického oblouku dosahuje až 3000 °C, což zapálí částičky paliva v jeho těsné blízkosti. Vzniklý plamen se šíří spalovacím prostorem normální rychlostí 5 až 25 m/s. *(Při detonačním způsobu hoření a samozápalech až 100 m/s.)*

Konstrukce zapalovacích svíček je v základním provedení u všech výrobců podobná. Vnější těsnění mezi svíčkou a hlavou válců je provedeno buď jako ploché sedlo s měděným těsnícím kroužkem, nebo jako kuželové těsnící sedlo. Vnitřní utěsnění mezi izolátorem a tělesem svíčky výrobci řeší měděným kroužkem nebo vyplněním a roztavením prášku hliníkové slitiny s křemíkem (siluminem).

Správné typy zapalovacích svíček, které je možné pro daný motor použít, určuje výrobce motorů po dlouhodobých zkouškách. Není přípustné je svévolně měnit za jiné nedoporučené typy odlišných vlastností. Mohlo by to mít nežádoucí vliv na chod motoru a vést i k jeho poškození.

Nejdůležitější rozlišovacími parametry zapalovacích svíček jsou:

- a. tepelná hodnota,
- b. tvar elektrod a jejich poloha ve spalovacím prostoru,
- c. průměr závitu, jeho stoupání a délka závitu,
- d. tvar vnějšího těsnícího sedla.

Složení zapalovacích svíček: pouzdro se závitem, izolátor, svorník, elektrody, odrušovací rezistor, kabelová matice. (Obr. 27.) Pouzdro (těleso), je vyrobeno z běžné strojní oceli na povrchu pokovené i se závitem – niklem, zinkem nebo mosazí. Závitový čep, pokud to konstrukce hlavy válců umožňuje, bývá prodloužený pro lepší odvod tepla. Jak je zřejmé např. z obr. 34, od 7,8 do 26,5 mm. Ze stejného důvodu, se používá kuželové těsnící sedlo. Závít je zhotoven válcováním. Používá se metrický závit: **nejčastěji - M 14 x 1,25; méně často: M 18 x 1,5; M 12 x 1,25; M 10 x 1.**

Elektrody u běžných standardních svíček jsou vyrobeny ze slitin niklu a chrómu. Středová elektroda je ještě legována přísadami zlepšujícími tvorbu elektrického oblouku (ytrium, baryum, polonium). Někdy také mívá zabudované měděné jádro pro lepší odvod tepla. Spojení střední elektrody se svorníkem a její utěsnění v izolátoru bývá řešeno jako tzv. odporový zátav. U odrušených zapalovacích svíček je v zátavu také zabudována odrušovací odporová vrstva (rezistor) jako součást odrušovacího systému elektromagnetického vyzářování.

Svíčky se speciálními elektrodami, stříbrnými, platinovými, ze slitiny zlata, s palladiem vystačí s nižším zapalovacím napětím a mají velkou odolnost proti opalu. Jejich výhodou je dlouhá životnost a nevýhodou vysoká cena.

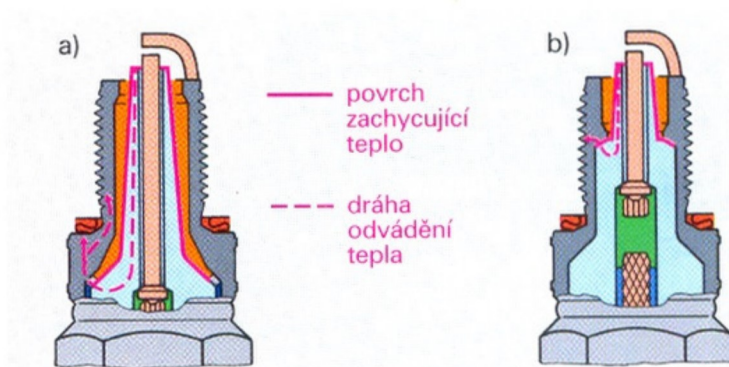
Tvary a vlastnosti elektrod jsou vyvíjeny ve spolupráci s výrobcí motorů a vozidel. Pro své provozní vlastnosti jsou některé typy jiskřiště zapalovacích svíček pro určité motory velmi vhodné a pro jiné typy motoru naopak nepoužitelné.

Izolátor svíčky musí odolávat náhlým změnám teploty a tlaku (teplota od 100°C až do 2500°C a tlaky od 0,09 MPa do 7 MPa. Vyrábí se z oxidu hlinitého Al_2O_3 . *(Oxid hlinitý se např. používá také jako brusivo v bílých brusných kotoučích).*

Koncovka (kabelová matice) slouží jako nekorodující vysokonapěťový kontakt. Je závitem spojena s připojovacím svorníkem středové elektrody.

Tepelná hodnota zapalovacích svíček

ly i špičky izolátorů jsou ve spalovací **TECHNOLOGIE OPRAV** 1j. velkým teplotním změnám od 100 °C při sání až po 2 500 °C při expanzi. Správně zvolená tepelná hodnota umožňuje těmto částem zapalovacích svíček krátce po startu dosáhnout **samočisticí teploty nad 450–500 °C** a ani při dlouhodobém maximálním povoleném zatížení motoru **nepřekročit 850 °C**. Při překročení teploty 900 °C již nastávají samozápaly a neřízený chod motoru. Může to být příčinou vážného poškození motoru. Firma **Brisk značí nejteplejší svíčky od čísla 19 k nejstudenější svíčke pod číslem 08**. Bosch má podobné značení - od 13 do 06. NGK značí naopak - od č. 2 začínají teplé svíčky, až po nejstudenější - č. 10.



Obr. 25 a)“Teplá svíčka“; b)“Studená svíčka“. [1]



Obr. 26 Různá úroveň samočištění zapalovacích svíček. [11]

Řez zapalovací svíčkou



Obr. 27 Řez zapalovací svíčkou Brisk Super [11]

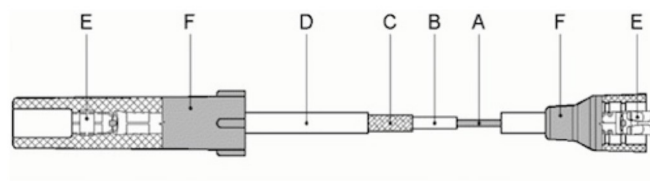


Obr. 28 Životnost různých typů zapalovacích svíček Brisk. [11]

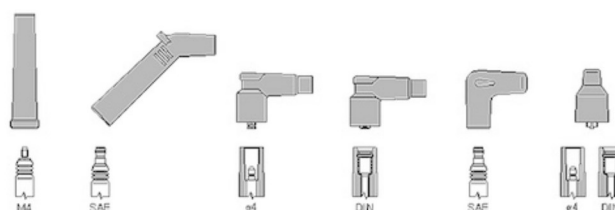


a) - s kruhovým jiskřištěm b) - s V drážkou c) - s iridiovou elektrodou

Obr. 29 Jiné typy zapalovacích svíček. [13]



Obr. 30 Řez zapalovacím kabelem (Tesla Blatná). [17]



Obr. 31 Koncovky pro připojení zapalovacích kabelů. (Tesla Blatná) [17]

Parametr kabelu	C	B	H	S	G	M	P
Vnější plášť	silikon		EVA		silikon	silikon	
Jádro	měděné	odporové	odporové		odporové	induktivní	
Průměr kabelu	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm	8 mm	7 mm	5 mm
Teplotní rozsah	-40 až +220 °C	-40 až +220 °C	-30 až +200 °C	-40 až +200 °C	-40 až +220 °C	-40 až +220 °C	-40 až +220 °C
Třída ISO 3808	E	E	D	E	E	E	E
Barva kabelu	černá		modrá		šedá	červená	

Obr. 32 Technické parametry zapalovacích kabelů – příklad sada T001X (Tesla Blatná) [17]



Obr. 33 Sada zapalovacích kabelů. (Tesla Blatná) [17]

ROZMĚRY POUZDRA

TYP	A	B	C	KUŽELOVÉ SEDLO	VEŠLÍŽKA
A	M10x1,00	18mm	16mm		
B	M12x1,25	19mm	16mm		
C	M10x1,00	26,5mm	14mm		
D	M14x1,25	19mm	16mm		
E	M14x1,25	26,5mm	16mm		
F	M18x1,50	11,2mm	21mm		
G	M14x1,25	17,5mm	16mm		
H	M14x1,25	11,2mm	16mm		
J	M14x1,25	9,5mm	21mm		
K	M14x1,25	9,5mm	21mm		
L	M14x1,25	19mm	21mm		

TYP	A	B	C	KUŽELOVÉ SEDLO	VEŠLÍŽKA
M	M12x1,25	26,5mm	14mm		
N	M14x1,25	12,7mm	21mm		
NA	M10x1,00	12,7mm	16mm		
P	M14x1,25	9mm	19mm		
Q	M12x1,25	26,5mm	16mm		
R	M14x1,25	25mm	16mm		
S	M10x1,00	9,5mm	16mm		
T	M10x1,00	12,7mm	16mm		
U	M14x1,25	7,8mm	16mm		
V	M16x1,50	20,5mm	14,2mm		

VYSUNUTÍ POUZDRA DO SPALOVACÍHO PROSTORU

ODRUŠENÍ

TEPELNÁ HODNOTA

KONSTRUKCE JISKŘIŠTĚ

MATERIÁL ELEKTROD

ELEKTRODOVÁ VZDÁLENOST

OBJEDNACÍ ČÍSLO

BRISK DR15YC-1 SUPER 1317

BRISK DR15YC-1 1317

Obr. 34 Systém označování zapalovacích svíček Brisk. Příklad nahoře: DOR15LC-1; níže – DR15YC-1. [11]

Diagnostika závad podle vzhledu demontované zapalovací svíčky. TECHNOLOGIE OPRAV 1



Normální vzhled. Tak vypadá nepoškozená zapalovací svíčka. Bílo-šedé zbarvení je zcela normální. Pochází z aditiv paliv, která se nespálí beze zbytku a je také důsledkem regulovaného, normálního spalování.



Usazeniny. Zde vidíme zapalovací svíčku s velkým množstvím usazenin. Příčinou může být například špatná kvalita paliva, vyšší spotřeba oleje při mechanicky opotřebovaných motorech nebo spalování chladicí kapaliny u poškozeného těsnění hlavy válců a případně také příležitostné zapalování žhavením (usazeniny žhnou i následně).



Rozlomený izolátor. Může být příčinou poškození motoru (stěny válce, ventilů a jejich sedel, pístu apod.) Příčinou tohoto rozlomení izolátoru je většinou **použití příliš velkého nebo příliš malého utahovacího momentu** nebo **pádem zapalovací svíčky** před montáží na tvrdý podklad (např. na zem v dílně).



Roztavení. U této zapalovací svíčky jsou spečeny středová a ukostňující elektrody. To se stane, když se zapalovací svíčka přehřeje. V tomto případě nelze vyloučit ani propálení pístu. Příčinou může být volba špatné zapalovací svíčky (příliš „teplá svíčka“) nebo chybná seřízení motoru – nadměrný předstih, příliš chudá směs, (spalování s klepáním nebo samozápal - zapalování žnutím).



Silné znečištění sazemi. Silné znečištění sazemi vzniká, když zapalovací svíčka pracuje často pod teplotou samočištění (450 °C) - například při jízdách pouze na malé vzdálenosti nebo při zvolení špatné tepelné hodnoty svíčky (příliš studená).

Obr. 35 Diagnostika příčin technických závad motoru, podle stavu a vzhledu zapalovací svíčky. [12]

Materiál hlavy válců	Zapalovací svíčky s plochým sedlem (s těsněním)				Zapalovací svíčky s kuželovým sedadlem	
	Průměr závitu				Průměr závitu	
	18 mm	14 mm	12 mm	10 mm	18 mm	14 mm
Litinová hlava válců	35-45 Nm	25-35 Nm	15-25 Nm	10-15 Nm	20-30 Nm	15-25 Nm
Hliníková hlava válců	35-40 Nm	25-30 Nm	15-20 Nm	10-12 Nm	20-30 Nm	10-20 Nm

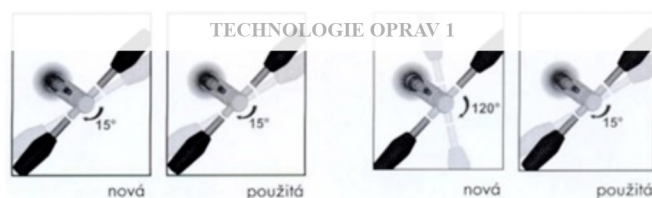
Obr. 36 Uťahovací momenty zapalovacích svíček. [12]



Obr. 37 Měřka elektrodové vzdálenosti. [11]

Zapalovací svíčka:

- S kuželovým sedlem.
- Plochým sedlem a měděnou podložkou.

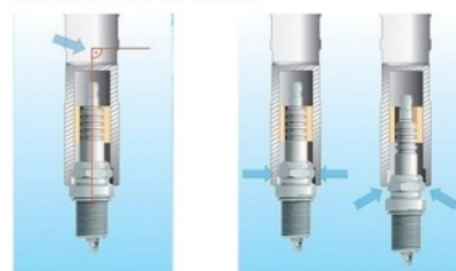


Obr. 38 Nouzové dotahování zapalovacích svíček - bez momentového klíče. [11]

Nejprve dotažení rukou, tj. i když musíme použít klíč, tak svíčku dotáhneme bez použití páky klíče. Při konečném dotahování, ještě otočíme pákou klíče u svíček s kuzelem o 15°; u již použitých svíček s plochým těsnicím kroužkem také o 15°, u nových o 90° (Bosch) a o 120° (Brisk). **Demontáž a montáž z důvodu větší roztažnosti hliníku, provádíme na vychladlém motoru!**

Správná montáž zapalovací svíčky.

Používejte vždy správný klíč na svíčky, který není příliš volný a je opatřen středícím mezikroužkem z měkkého materiálu.



Utahovací moment musí působit kolmo na osu zapalovací svíčky. Utahovacím momentem lze působit jen v případě, že klíč je nasazen přes celou délku šestihranu pouzdra svíčky.



Pokud dojde při demontáži zapalovací svíčky z motoru k překročení utahovacího momentu o 50%, nesmí být zapalovací svíčka dále použita.

Obr. 39 Zásady pro správnou montáž a demontáž zapalovacích svíček s použitím momentového klíče.[11]

Odkaz na způsob zkoušení zapalovacích svíček v tlakové komoře a čištění propan – butanovým plamenem:

http://www.youtube.com/watch?v=FqZ0IIV_CGs

Odkaz na seřízení zapalování u Jawa 50 Pionýr:

<http://www.youtube.com/watch?v=qu9eYnFqck0>

Odkaz na seřízení zapalování Škoda Favorit:

<http://www.youtube.com/watch?v=nSqE9-hwbog>

Odkazy na prezentaci zapalovacích svíček NGK, Bosch, Brisk:

<http://www.youtube.com/watch?v=53yfHLDn41k>

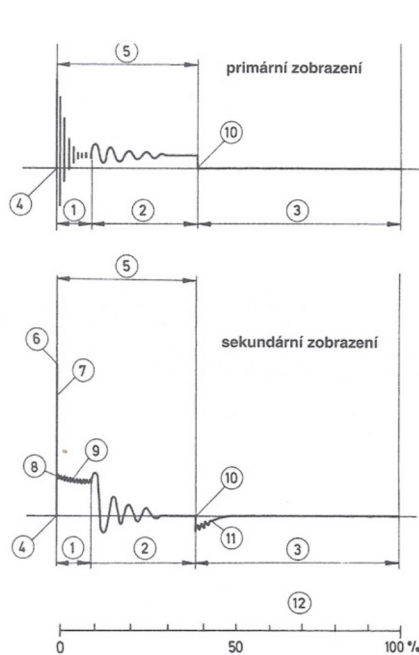
<http://www.youtube.com/watch?v=HikB3eXBb78>

6.8 Kontrola správné funkce bateriového zapalování po provedené opravě pomocí osciloskopu

Obvyklé připojení osciloskopu je uvedeno na obr. 7. Nejčastěji používané možnosti nastavení, jsou na obr. 11. Vždy je nutné pečlivě nastudovat a důsledně se řídit pokyny, které jsou uvedené v manuálu použitého osciloskopu!

Popis oscilogramu správného průběhu elektrického napětí u bateriového zapalování.

Na obr. 40, jsou oscilogramy, které znázorňují pouze průběh elektrického napětí, rozděleny na tři časové úseky:



Obr. 40. Popis základního oscilogramu bateriového zapalování. [2]

(1) D. TECHNOLOGIE OPRAV 1

(2) Tlumené dokmitání napětí.

(3) Doba sepnutí kontaktů – odpovídá úhlu sepnutí kontaktů.

1 + 2 = doba rozeznutí kontaktů – odpovídá úhlu rozeznutí kontaktů – (5).

Podrobný popis: v bodě (4) přerušovač rozpojuje kontakty. V součinnosti s kondenzátorem, dochází k náhlému přerušování toku elektrického proudu, indukovaného v primárním vinutí. Současně tam končí předchozí fáze sepnutých kontaktů (3).

Poznámka: kmitavý průběh napětí a jeho tlumení, je způsoben vzájemným působením primární cívky a kondenzátoru. Jedná se o tlumený kmitavý obvod – vzájemného působení indukčního odporu cívky a vhodného kapacitního odporu kondenzátoru. Kondenzátor se střídavě nabíjí a vybíjí do cívky. Jeho parametry (obvykle 200-250nF/250V) musí být sladěny s indukčností použité zapalovací cívky.

Následkem náhlého přerušování toku elektrického proudu, **velmi rychle zaniká magnetické pole**, což způsobuje indukci vysokého zapalovacího napětí (6), které je vyvedeno z konce sekundárního vinutí k rozdělovači a zapalovacím svíčkám. Toto **špičkové (průrazné) zapalovací napětí** („napěťová jehla“) – (7) umožní přeskok jiskry mezi kontakty zapalovací svíčky. Vysoké napětí rychle **klesá na úroveň potřebnou k hoření elektrického oblouku** (8). Tvar a délka napěťové čáry (9), vyjadřuje průběh elektrického napětí v úseku doby hoření elektrického oblouku zapalovací jiskry (1).

Po ukončení doby trvání elektrické jiskry nastává fáze (2) tlumeného dokmitávání elektrického napětí. V ní je prostřednictvím nabíjení kondenzátoru odčerpávána zbytková elektrická energie, která nebyla využita pro tvorbu jiskry. Sepnutí kontaktů přerušovače (10) vyvolá náhlý, ale malý pokles napětí v primární cívce. To způsobí v sekundární cívce malou indukci opačného napětí (11). Po vytvoření magnetického pole je indukované napětí nulové. Na stupnici (12) odečteme úhel sepnutí kontaktů přerušovače v %.

Kontrolní otázky a úkoly

1. Vysvětlíte funkci zapalování u zážehových motorů.
2. Vyjmenujte a stručně charakterizujte jednotlivé druhy elektrického zapalování – uveďte příklady jejich používání!
3. Popište složení bateriového zapalování a funkci jeho hlavních částí.
4. Podle obrazu, modelu nebo na skutečném motoru, popište činnost bateriového zapalování.
5. Popište stručně princip postupu při stanovení příčiny poruchy bateriového zapalování, když se motor nedá nastartovat.
6. Postup při ověřování základní funkce bateriového zapalování; odst. 6.3.3.3 a, b, c.
7. Postup při kontrole a seřízení přerušovače; odst. d, c, e, f, g.
8. Postup při kontrole funkčnosti rozdělovače, kondenzátoru a zapalovací cívky; odst. h, i, j, k.
9. Postup při kontrole funkčnosti vysokonapěťové části, včetně demontáže a vyhodnocení stavu zapalovacích svíček; odst. l, m.
10. Postup při kontrole a seřízení základního předstihu; odst. n, o.
11. Postup při kontrole, čištění, seřízení mezery mezi kontakty a montáži zapalovacích svíček; odst. p.
12. Postup při kontrole a seřízení úhlu sepnutí a kontrole a seřízení odstředivé a podtlakové regulace; odst. q, r.
13. Vysvětlíte stručně základní zásady pro údržbu a opravy bateriového zapalování,
14. Na základě čeho provádíme výměnu, nebo celkovou opravu rozdělovače. Popište postup při jeho montáži do motoru, včetně vysokonapěťových kabelů.
15. Popište funkci, složení a činnost magnetoelektrického kontaktního zapalování.
16. Popište postup při seřízení, opravách a údržbě magnetoelektrického kontaktního zapalování.

ivní problémy bateriového kontaktního a **TECHNOLOGIE OPRAV** Intaktního zapalování.

18. Popište funkci, složení a činnost magnetoelektrického bezkontaktního zapalování, včetně údržby a oprav.
19. Stručně charakterizujte rozdíly mezi bateriovým kontaktním zapalováním a tranzistorovým a tyristorovým **kontaktním** zapalováním.
20. Stručně charakterizujte rozdíly mezi bateriovým kontaktním zapalováním a tranzistorovým a tyristorovým **bezkontaktním** zapalováním.
21. Stručně charakterizujte rozdíly mezi bateriovým kontaktním zapalováním a elektronickým zapalováním.
22. Popište stručně podle obrazů složení, činnost a obvyklé varianty plně elektronického zapalování.
23. Popište stručně postup při hledání a odstraňování závad elektronického a plně elektronického zapalování.
24. Zásady bezpečného zacházení při kontrole, seřizování a opravách všech typů zapalovacích systémů.
25. Popište funkci, složení a činnost zapalovací svíčky. Jaké typy svíček se mohou pro daný motor používat?
26. Uveďte a vysvětlete nejdůležitější rozlišovací parametry zapalovacích svíček!
27. Vysvětlete diagnostiku příčin technických závad motoru, podle stavu a vzhledu zapalovací svíčky.
28. Popište zásady správného postupu při demontáži a montáži zapalovacích svíček.
29. Vysvětlete postup při kontrole správné funkce bateriového zapalování pomocí osciloskopu, včetně jeho připojení.
30. Popište oscilogram správného průběhu elektrického napětí v primárním a sekundárním obvodu bateriového zapalování.

Použitá literatura a doporučené zdroje informací

- [1] Gscheidle, R. a kol. (2001): Příručka pro automechanika. SOBOTALES, Praha, 629 str., ISBN: 80-85920-76-X.
- [2] Autoexpert č.11;12/2012; 1,2/2013
- [3] Pošta, J. a kol. (2003): Opravárenství a diagnostika III. Informatorium, Praha, 187 str., ISBN: 80-73330-17-2.
- [4] Pavlis, S. (1996): Elektrotechnika motorových vozidel. IVV MZe ČR, Praha, 1996, 103 s, ISBN: 80-7105-115-2.
- [5] Šťastný, J., Remek, B. (1997): Autoelektrika a autoelektronika. T. Malina, Praha, 276 s. ISBN 80-901975-4-X.
- [6] Motejl, V., Hořejš, K. a kol.(2004): Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů. Littera, Brno, 610 str., ISBN 80-85763-24-9.
- [7] [online]. [2014-01-15]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=26791
- [8] [online]. [2014-01-15]. Dostupné z:
https://www.google.cz/search?q=magnetoelektrické+zapalování&rlz=1C2FDUM_enCZ487CZ523&tbm
- [9] [online]. [2014-01-15]. Dostupné z:
https://www.google.cz/search?q=setrvačnickové+magneto&rlz=1C2FDUM_enCZ487CZ523&biw
- [10] Vlk, F. (2003): Vozidlové spalovací motory. 1. vyd., F. Vlk, Brno.
- [11] [online]. [2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.brisk.cz/>
- [12] [online]. [2014-01-15]. Dostupné z:
<http://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/zapalovaci-svicky/diagnostika/obrazky-poskozeni/>
- [13] [online]. [2014-01-16]. Dostupné z:
http://www.calibra.cz/index.php?menu=11&action=../servis/zapalovani_2.php
- [14] [online]. [2014-01-16]. Dostupné z: <http://www.motofocus.cz/>
- [15] [online]. [2014-01-16]. Dostupné z: http://www.apm.cz/link_files/Tech-info_BOSCH-montaz-svick.pdf
- [16] [online]. [2014-01-16]. Dostupné z:
<http://media0.webgarden.name/files/media0:5105f821d6eb0.pdf.upl/Bosch%20-%20Test%20motoru.pdf>
- [17] [online]. [2014-01-16]. Dostupné z:
<http://www.tesla-blatna.cz/cs/vyrobky-sady-zapalovacich-kabelu-parametry.php>
- [18] Bambula, O. (1978): Učebnice pro autoškoly. 1. vyd., Naše vojsko, Praha.