

SYTYTYKSEN TEORIAA

Sytytysjärjestelmän tarkoituksena on polttoaineseoksen sytyttäminen sytytystulpan kipinän sähköpurkausenergialla. Sytytystulppa on periaatteessa kondensaattori, jossa tapahtuu läpilyönti eli sähköenergian vapautuminen elektrodien välissä olevaan kaasuseokseen. Energia sytytystulppaan saadaan sytytyspuolasta, joka on rakenteeltaan muuntaja. Sen ensiökäämin ylle kytketään lyhyeksi ajaksi akun jännite (akku-puola -sytytysjärjestelmässä) tai magneeton generoima jännite (magneetto-puola -sytytysjärjestelmässä). Ensiöjännitteen nopeasti romahtaessa sytytyspuolan toisiokäämiin indusoituu korkeajännite, joka johdetaan sytytystulppaan. Kun korkeajännite ylittää sytytystulpan läpilyöntijännitteen, sytytyspuolaan varastoitunut energia purkautuu kipinä.

Sytytystulpan kipinän sähköpurkausenergialle E_{palo} voidaan johtaa kaava

$$E_{palo} = \frac{L_1 U_{akku}^2}{2R_1^2} - R_2 I_{palo}^2 t_{palo} - W I_{palo} t_{palo}$$

missä L_1 on sytytyspuolan ensiökäämin induktanssi, U_{akku} akun napajännite, R_1 ensiövirtapiirin kokonaisresistanssi, R_2 toisiovirtapiirin kokonaisresistanssi, I_{palo} toisiopiirin palovirta (kipinän aikainen virta), t_{palo} kipinän kesto-aika ja W elektronien luovuttamiseen ja vastaanottamiseen sytytystulpassa kuluva energia (yksikkö J/C).

Akun kuormitus vaikuttaa akun napajännitteeseen sitä enemmän, mitä pienempi varaus akussa on, ja mitä huonommin akku pystyy uudelleenjärjestelemään varaustaan. Koska moottoripyörän akku yleisesti ottaen on jo varauskapasiteetiltaan pienempi kuin auton akku, moottoripyörän akun kuormittaminen moottoripyörän käynnistysmoottorilla alentaa monesti akun jännitettä huomattavasti enemmän kuin auton akun kuormittaminen auton käynnistysmoottorilla. Koska akun jännite vaikuttaa energiaan neliössä, akun jännitteen aleneminen pienentää sähköpurkausenergiaa huomattavasti. Tästä syystä moottoripyörä on autoa enemmän altis sytytysongelmista johtuville käynnistysvaikeuksille.

Toisaalta moottoripyörän käynnistysmoottori tarvitsee paljon vähemmän sähkötehoa kuin auton käynnistysmoottori. Siksi sellainen tilanne, että moottoripyörän käynnistysmoottorin toiminta on normaalia, mutta sytytystulpan sähköpurkausenergia on akun jännitteen alenemisen vuoksi riittämätön polttoaineseoksen sytyttämiseksi, on täysin mahdollinen. Erityisen suuri mahdollisuus tähän on, jos R_1 , R_2 , W ja/tai sytytykseen tarvittava E_{palo} samalla on poikkeuksellisen suuri. Sen sijaan auton tapauksessa käynnistysmoottorin pyörimisnopeus pienenee yleensä myös, jos akun jännitteen alenemisella voidaan sanoa olevan osaa sytytysongelmista johtuviin käynnistysvaikeuksiin. Sen sijaan on mahdollista, että auto nykii basson tahdissa bassosta johtuvan akun jännitteen alenemisen aiheuttamien sytytyskatkosten vuoksi.

W riippuu elektrodien materiaalista, rakenteesta ja lämpötilasta. Se kasvaa, kun elektrodit hapettuvat, haurastuvat, pyöristyvät, karstoittuvat jne. Tällöin sytytystulpan kipinän sähköpurkausenergia pienenee, ja tästä johtuu sytytystulppien heikkeneminen kilometrien myötä. Koska kaikki nämä ilmiöt ovat hitaimpia iridiumilla, joka on kaikkein jaloin metalli, iridiumtulpat ovat kestävimpiä.

Ellei oteta huomioon sähköä johtavan karstapiikin ja suoranaisten vaurioiden mahdollisuuksia, sytytystulpat eivät äkillisesti kuole. Vaurioita voivat aiheuttaa hehku- ja itsesytytykset, vierasesineet sylinterissä, männän osuminen tulppaan, taitamaton tulpan kärkivälin säätö jne. Ellei näiden aikaansaamia vaurioita esiinny, sytytystulppien tavanomaista varhaisempi (ennen 20000

km) heikkeneminen johtuu karstoittumisesta. Pääasiassa bensen mukana palavan öljyn aiheuttama karstoittuminen on myös syy siihen, miksi tulpat heikkenevät kaksitahtimoottoreissa varhaisemmin kuin nelitahtimoottoreissa. Mikäli nelitahtimoottorissa esiintyy poikkeuksellisen voimakasta karstoittumista, syy on todennäköisimmin lähinnä pääsuutinpiirin liian rikas seos tai palotilaan pääsevä öljy.

R_2 koostuu sytytyspuolan toisiokäämin, korkeajännitejohtojen ja sytytystulpan resistansseista. Mikäli se kasvaa, sytytystulpan kipinän sähköpurkausenergia pienenee. Korkeajännitejohtojen ja sytytystulpan resistanssit kasvavat hitaasti kilometrien myötä. Ne voivat poikkeustapauksissa kasvaa myös äkillisesti. Korkeajännitejohto voi taivutettaessa vaurioitua, jolloin sen resistanssi kasvaa huomattavasti. Sytytystulpan resistanssi voi kasvaa äkillisesti sähköä johtavan karstapiikin aikaansaaman oikosulun vaikutuksesta.

R_1 koostuu ideaalitapauksessa vain sytytyspuolan ensiökäämin resistanssista. Monessa moottoripyörässä ensiövirtapiirissä on kuitenkin monta turvakytkintä ym, joilla myös on hiukan resistanssia. Nämä pienentävät sytytystulpan kipinän sähköpurkausenergiaa siitä, mitä se olisi, elleivät nämä olisi ensiövirtapiirissä, vaan erillisessä piirissä, joka ohjaisi ensiövirtapiirissä olevaa relettä. Näissä tilanteissa tällaisella rakenteellisella muutoksella voidaan vähentää sytytysongelmia. Tilanne voidaan selvittää mittaamalla akun napajännite ja puolan ensiöjännite.

Vähiten sähköpurkausenergiaa (n 0,2 mJ) syttyäkseen vaativaa on homogeeninen stökiometrinen polttoaineseos käyntilämpöisessä moottorissa. Stökiometrinen polttoaineseos tarkoittaa seosta, jossa ilmaa on täsmälleen oikea määrä bensen määrään nähden palamisreaktiota silmällä pitäen. Seoksen homogeenisuus edellyttää, että bensa on täysin kaasumaisena ja tasaisesti sekoittunut ilmaan. Ellei käyntilämpöisen moottorin saama polttoaineseos ole homogeeninen ja stökiometrinen, seoksen sytyttämiseen tarvitaan enemmän sähköpurkausenergiaa (mahdollisesti yli 3 mJ). Mikäli seosuhde poikkeaa stökiometrisestä riittävästi, syttyminen sähköpurkauksella ei ole enää ollenkaan mahdollista. Näihin syihin perustuvat kaasuttimien tulvimisesta tms johtuvat ns tulppien kastelun aiheuttamat käynnistysvaikeudet.

Kun moottori on kylmä, sähköpurkausenergiaa tarvitaan joka tapauksessa enemmän seoksen sytyttämiseksi. Tästä syystä kylmä moottori on yleensä lämmintä moottoria enemmän altis sytytysongelmista johtuville käynnistysvaikeuksille. Kylmään moottoriin syötettävän seoksen tulisi olla niin paljon stökiometristä rikkaampaa, että osan bensa tiivistymisen jälkeen kaasumaiseksi jäävä seos on vielä vähintään stökiometristä. Ellei näin ole, sähköpurkausenergiaa tarvitaan vielä enemmän.

Ellei sähköpurkausenergia riitä sytytykseen, syttymistä ei tapahdu lainkaan. Näin käy myös, jos kipinän kesto-aika on liian lyhyt tai liian pitkä, vaikka kipinän sähköpurkausenergia olisikin sytytykseen riittävä. Kipinän sähköpurkausenergialle pätee

$$E_{palo} = k_{seos} d_{elektrodit} I_{palo} t_{palo}$$

missä k_{seos} on sähkökentän voimakkuus sytytystulpan elektrodien välissä kipinän aikana ja $d_{elektrodit}$ sytytystulpan kärkiväli. Näin ollen sytytystulpan kärkiväli määrää kipinän kestoajan tietyllä sähköpurkausenergialla (k_{seos} ja I_{palo} ovat aina käytännössä samat).