

ОПТЕРЕЋЕЊЕ ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АГРЕГАТА**DIESEL ELECTRIC GENERATOR LOAD**Дејан Старчевић, Веран Васић, Ђура Орос, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕНЕРГЕТСКА ЕЛЕКТРОНИКА И ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ**

Кратак садржај – У раду је описан основни принцип рада и функционисања дизел електричног агрегата. У оквиру рада имамо увид у детаљан приказ техничких карактеристика, начина рада као и резултата огледа оптерећења са посебним акцентом на специфични систем побуде синхроног генератора у оквиру дизел електричног агрегата.

Abstract – *The basic principle of operation and functioning of diesel electric generator is described. In the framework of the paper, we have an insight into the detailed overview of technical characteristics, working methods and load retrieval results with a special emphasis on the specific system of the synchronous generator initiative within the diesel electric generator.*

Кључне речи: *Дизел мотор, Синхрони генератор, Оглед оптерећења*

1. УВОД

Међународни стандард ISO 8258-5:2013 дефинише термине и специфицира критеријуме који настају комбинацијом (спрегом) мотора са унутрашњим сагоревањем и генератора наизменичне струје као једне оперативне јединице. Стандард се односи на генераторе наизменичне струје погоњене мотором са унутрашњим сагоревањем за примену у копненим и поморским условима искључујући генераторе који се користе унутар авиона или за погон локомотива или пропелера. За одређене специфичне примене (болничке зграде или објекте високих захтева у погледу напајања), могу бити захтевани додатни услови. ISO 8258-5:2013 представља основни стандард на који се додају додатни услови. За агрегатске сетове који су погоњени другим типом погонског горива (парни мотори), овај стандард представља основу на основу које се формирају додатни услови [12].

2. ОПТЕРЕЋЕЊЕ ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АГРЕГАТА

У овом делу представљени су елементи односно уређаји који су били коришћени приликом спровођења огледа оптерећења дизел електричног агрегата. Осим описа техничких елеменат пружен је увид и у амбијенталне услове.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Веран Васић.

Сви параметри и компоненте наведене у овој области су неопходне како би имали што релевантнији приступ огледу.

2.1. ОПИС ОПТЕРЕЋЕЊА ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АГРЕГАТА

У оквиру фабричког испитивања примењен је мотор са унутрашњим сагоревањем произвођача VOLVO серије TAD1642. Примењен је генератор наизменичне струје произвођача WEG серије AG315M160AI са њему одговарајућим моделом аутоматског регулатора напона (у даљем тексту АРН) и специјализовани контролер за мониторинг и заштиту ДЕА произвођача DEIF серије CGC413. Извршени оглед оптерећења вршен је у склопу фабричког тестирања ДЕА са циљем завршне контроле квалитета произведеног сета.

Амбијентална вредност температуре у тренутку реализације огледа износила је $T_a = 25[^\circ\text{C}]$ док је надморска висина износила $h = 85 [\text{mnn}]$. Приликом оваквих амбијенталних услова није потребно извршити никакве додатне мере предострожности приликом извођења огледа оптерећења. Додатне заштитне мере потребно је извршити за агрегате који се испитују или се инсталирају на надморским висинама изнад $1000 [\text{mnn}]$ или су изложени амбијенталним температурама изнад $40[^\circ\text{C}]$.

Временски период огледа оптерећења износи сса. $7 [\text{min}]$. Временско трајање огледа динамичког оптерећења није у складу са поменути стандардом али се тежи ка њиховом усаглашавању. Потребно је нагласити да се временски период огледа оптерећења знатно разликује и продужава током зимског периода. Табеларни подаци на основу којих су формиране функције зависности добијене су директним повезивањем са DEIF CGC413 контролером уз помоћ постојања опције мониторинга (енг. trending) која омогућава приступ и манипулацију добијеним вредностима огледа оптерећења. Подешени период усредњавања добијених вредности износи $1 [\text{s}]$.

Приликом реализације огледа оптерећења обезбеђен је уређај који има улогу резистивног оптерећења (Load Bank Crestich 700kW, $\cos\phi=1$). У складу са тим, оптерећење по фазама као и вредности међуфазних напона су потпуно уравнотежене. Напајање резистивног оптерећења увек мора бити уземљено и напајано путем посебног извора електричне енергије. Потреба за посебним напајањем постоји услед постојања вентилатора у склопу резистивног

оптерећења који има улогу форсираног хлађења отпорничких елемената. Постоје случајеви где се ова врста тестирања спроводи повезивањем резистивног отпора на агрегатско напајање, што потенцијално може представљати технички проблем јер у случају хаваријског стања, кратког споја генератора, при номиналном оптерећењу заштита дизел електричног агрегата ће одрадити док би хлађење резистивног оптерећења тренутно престало са радом. Наглим престанком рада вентилаторског система престаје се са форсираним одвођењем топлоте са резистивног оптерећења што може проузроковати пожар или оштећење уређаја услед прегревања.

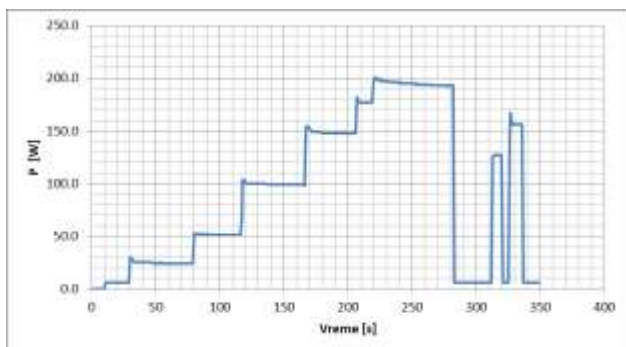
Евентуални несклад у случају оптерећења резистивним елементима, може се очекивати у случају хаваријског стања дизел електричног агрегата или услед недовољно оптимизованих параметара аутоматског регулатора напона. Повезивање овог уређаја и дизел електричног агрегата се остварује путем ширмоване конекције која се завршава USB прикључком.

3. РЕЗУЛТАТИ ОПТЕРЕЋЕЊА ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АГРЕГАТА

У овом поглављу графички ће бити приказан оглед оптерећења дизел електричног агрегата са акцентом на електрични и неелектричне параметре од интереса.

3.1 ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ ОПТЕРЕЋЕЊА ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОГ АГРЕГАТА

Оглед оптерећења увек почиње без прикључивања резистивног отпора (оглед празног хода) и има намену да прати вредности неелектричних параметара ДЕА (притисак, температуру издувног лонца, температуру блока мотора и др.), механичку повезаност ДЕА (посебно се мора обратити пажња на спојни диск агрегата који у случају неадекватног притезања има тенденцију великог загревања и уништења, издувну грану ДЕА и спојеве агрегатског кућишта) и електричне параметре (ово се посебно односи на вредности међуфазних напона ДЕА, у случају неуравнотежене вредности напона потребно је извршити оптимизацију АРН-а како би се сачували прикључени потрошачи). Важно је нагласити да се било која оптимизација АРН-а врши у безнапонском стању.



Слика 3.1.1 Графички приказ динамике оптерећења у функцији времена

График приказан на слици 3.1.1 даје графички приказ наметнутог оптерећења у складу са дефинисаном номиналном снагом ДЕА. Тестирани агрегат је намењен за рад као подршка при нестанку напајања (*stand by* режим), те стога вредности оптерећења већег од номиналног нису дозвољене приликом његове експлоатације.

Тест динамичког оптерећења се састоји из корака који су дефинисани у складу са приказаним графиком. Временски распон између повећања односно смањења резистивног оптерећења износи, за агрегатско напајање, веома кратак период (сса. 40[s]).

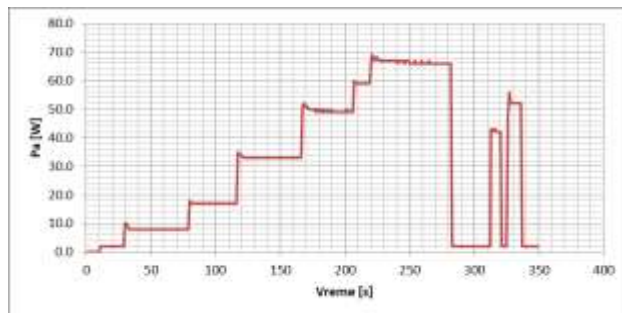
Првобитно, у временски приближно једнаким корацима, приликом којих се тежи да се усагласи са дефинисаним стандардом, повећавамо вредност резистивног отпора до номиналне вредности снаге ДЕА. Затим се врши растерећење до вредности блиске вредностима празног хода а након тога опет се нагло врши оптерећење агрегата до сса. 75% вредности његове номиналне снаге.

Након првобитног шока, опет се понавља исти циклус у још краћем временском периоду (4[s]). Наглим оптерећењем а затим растерећењем симулира се прихват терета у најгорој могућој ситуацији где се агрегат оптерећује са 100% називне снаге.

Препорука од стране произвођача ДЕА на основу емпиријских искустава је да није пожељно оптерећивати агрегат више од 70% његове називне снаге у дужем временском периоду.

Овом врстом испитивања доприноси се испитивању динамичких карактеристика агрегата. Управо из тог разлога овај тест и носи назив динамички оглед оптерећења.

Осим динамичког постоји и статички тест који подразумева веома слично оптерећење ДЕА са много већим временским корацима (сса. 30[min]). Због великих временских корака овај вид испитивања неће бити предмет овог рада.



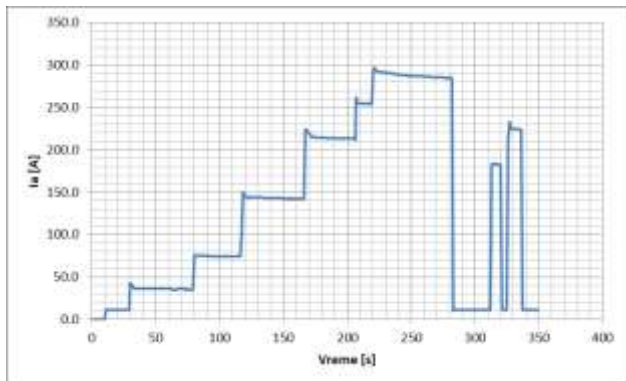
Слика 3.1.2 Оптерећење фазе а

График приказан на слици 3.1.2 репрезентује оптерећење фазе а синхроног генератора. Услед прикључења резистивног терета оптерећење по фазама је потпуно уравнотежено те не постоји додатна потреба за описивањем фазе b и фазе c. Вредност фазних снага је у складу са трофазним уравнотеженим системом синхроног генератора.

Приликом задавања нове референтне примећује се да је одзив готово увек већи од задате вредности. Разлог се може пронаћи у подешавању PID регулатора.

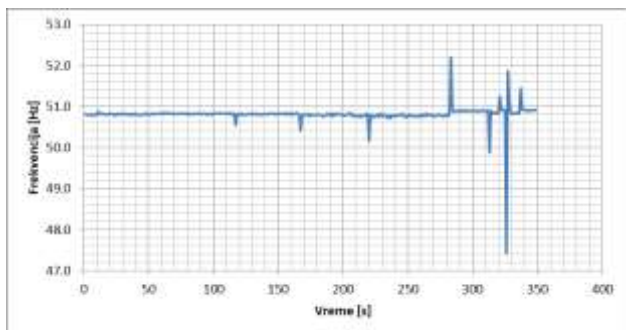
У складу са одабраним вредностима појачања регулатора приликом овог теста одабрана природа одзива је осцилаторна са пригушењем.

Одабир оваквог вида одзива је заступљен у великом броју случајева док је апериодичан одзив PID-а заступљен углавном приликом напајања осетљиве опреме (медицинска опрема, прецизни алати у индустрији и др.).



Слика 3.1.3 Струјно напрезање фазе а

График 3.1.3 представља струјно оптерећење. Струјно оптерећење фазе b и фазе c, услед повезивања резистивног отпора је потпуно исто са вредношћу фазе а. Вредности номиналних струја у огледу оптерећења у складу су са наметнутим резистивним оптерећењем. Релевантним струјним одзивима добија се и одређени вид потврде изабраног прекидача синхроног генератора.

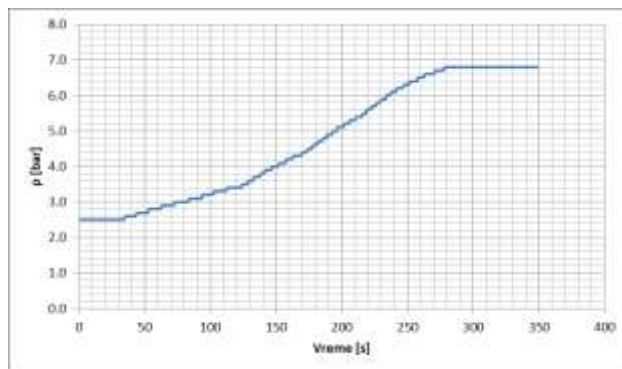


Слика 3.1.4 Фреквенција напона

График приказан на слици 3.1.4 представља фреквенцију напона синхроног генератора. Приликом самог почетка теста може се приметити почетно одступање од $50 \pm 0,8$ [Hz] које је подешено у складу са емпиријским искуством апликационих инжењера. У случају напајања осетљиве опреме потребно је приликом првог пуштања у рад извршити додатна подешавања.

На основу графика са слике 3.1.4 примећује се да вредност фреквенције варира приликом промене терета где се приликом повећања оптерећења има краткотрајан пад фреквенције а приликом растерећења (смањење терета) нагли скок фреквенције.

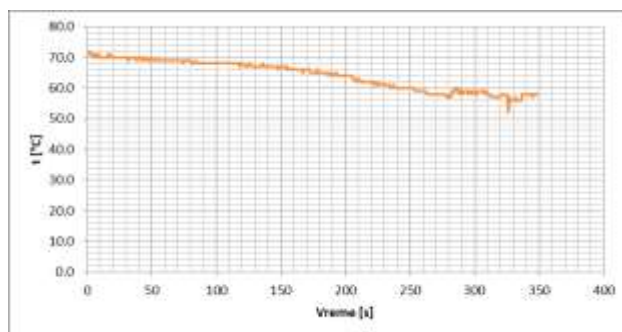
Промене вредности фреквенције су изражене приликом наглих промена оптерећења. Регулацију фреквенције напајања врши ECU (Electronic Control Unit) или већ поменути EDC уређај путем прецизне регулације дотока горива у цилиндри дизел мотора.



Слика 3.1.5 Графички приказ притиска у блоку мотора

За разлику од електричних величина које су од интереса приликом проучавања рада ДЕА график приказан на слици 3.1.5 представља графички приказ пораста притиска у функцији времена. Овај пораст притиска је експоненцијалне природе до тренутка стабилизације вредности притиска. Стабилизација радног притиска се успоставља након окидања прекидача унутар блока мотора (switch *eng.*) Граничне вредности притиска су дефинисане у склопу параметрисања (програмирања) специјализованог контролера при чему су од посебног значаја доње границе радног притиска приликом којих долази до готово моменталног окидања прекидача унутар блока мотора и моменталног престанка рада ДЕА. Минималне доње границе радног притиска у великом броју случајева износе око 1,5 [bar] и доприносе потенцијалном великом оштећењу дизел мотора.

У поређењу са другом неелектричном величином која је од интереса приликом извођења огледа оптерећења (други неелектрични параметар од интереса нам је температура) притисак је након сваког упуштања у рад временски је променљива по истој функцији. Програмски дефинисан радни притисак у обрађеном огледу износи 6,8 [bar].



Слика 3.1.6 Графички приказ температуре блока мотора

График приказан на слици 3.1.6 представља промену неелектричне величине, тј. температуру у функцији времена. Мерно место у овом случају представља блок мотора, док постоје случајеви где то може бити издувна грана (у том случају у питању су много веће температуре). Приликом старта огледа статичког оптерећења, који није предмет овог рада, вредности температуре су знатно мање и у складу су са амбијенталном вредношћу температуре. Одржавање вредности температуре блока мотора, посебно долази

до изражаја у екстремним условима (зимском и летњем периоду) приликом којих се одговарајућим подешавањем утиче на форсирану циркулацију антифриза кроз канале блока мотора уз помоћ адекватне пумпе у зимском периоду, или уз помоћ додатног хлађења у летњем периоду (што је врло ретко и углавном се реализује уграђивањем вентилатора који је намењен за тропске услове рада). Потребно је нагласити да пумпе које се користе за форсирано загревање блока мотора у хладним зимским данима морају бити повезане на екстерно напајање како би се број неуспелих покушаја стартовања свео на минималан.

Током огледа оптерећења вредност температуре рапидно опада до програмски дефинисане вредности (58 [°C]) посредством уграђеног термостата и великом броју случајева посредством додатне пумпе помоћу које се врши форсирање циркулације расхладног флуида.

4. ЗАКЉУЧАК

Дизел електрични агрегати представљају савремено техничко решење приликом пројектовања било ког система у смислу повећања степена поузданости напајања. У оквиру овог рада извршено је оптерећење дизел електричног агрегата у складу са његовим номиналним оптерећењем при чему се има увид у графички тренд електричних и неелектричних величина на основу којих се може о техничкој исправности дизел електричног агрегата.

На основу оптерећења извршеног у оквиру овог рада има се увид у динамичке карактеристике дизел електричног агрегата које су од интереса приликом наглог оптерећења/растерећења.

Оглед оптерећења дизел електричног агрегата представља врло битну ставку приликом вршења излазне контроле квалитета као и добар показатељ тренутне техничке спремности уређаја приликом спровођења редовног сервиса. Једноставност, робусност, мобилност и техничка способност да одоли и највећим изазовима представља предност у односу на друге видове подршке приликом нестанка или обезбеђивања основног вида напајања

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] др.Зоран Радаковић, др. Милан Јовановић, „Специјалне електричне инсталације“, Академска мисао, Београд, 2008.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_Diesel_Control
- [3] <http://definicije.blogspot.rs/2013/04/>
- [4] <https://www.iso.org/standard/30567.html>
- [5] <https://www.energypower.com.au/products/used-equipment/used-mini-power-stations/default.aspx>
- [6] <http://www.mmggenerator.com/>
- [7] "Службени лист СФРЈ", бр. 53 од 2. септембра 1988, 54 од 9. септембра 1988 - исправка, "Службени лист СРЈ", број 28 од 16. јуна 1995. „Правилник о техничким нормативима за електричне инсталације ниског напона“
- [8] Siemens, Kurs В-42
- [9] <https://sices.eu/en/products/monitoring-systems/si-mo-ne>
- [10] Страхил Ј. Гушавац, „Основни принципи пројектовања у мрежама средњег и ниског напона“, Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука, Нови Сад, 2014.
- [11] З.Стојковић, „Пројектовање помоћу рачунара у електроенергетици – примена програмских алата“, Академска мисао, Београд, 2009.
- [12] ISO 8258-5:2013 Генератори наизменичне електричне енергије погоњени мотором са унутрашњим сагоревањем – Одељак 5: Генератори наизменичне струје
- [13] Љ. Рашајски, Г. Дотлић, "Мали електроенергетски приручник", СМЕИТС, Београд, 1997
- [14] Мр. Гојко Дотлић дипл. Инж., „Електроенергетика кроз стандарде, законе, правилнике, одлуке и техничке препоруке“, СМЕИТС, Београд, 2013
- [15] https://www.weg.net/catalog/weg/US/en/Generation%2CTransmission-and-Distribution/Generators/Alternators-for-Generator-Sets/c/GLOBAL_GENSET
- [16] WEG synchronous alternators ag 10 line 12638144 manual english

Кратка биографија:



Дејан Старчевић рођен је у Новом Саду 1992. год. Гимназију „Светозар Марковић“, завршио је у Новом Саду, 2011 год. Факултет техничких наука, студијски програм Енергетика, електроника и телекомуникације уписао је школске 2011/2012. На студијама се определио за смер Електроенергетика-енергетска електроника и електричне машине и дипломирао 20. 09. 2016. год. Ожењен, отац сина Вукана