

Sinhronā ģenerators stabilitātes paaugstināšana ar ierosmes sprieguma regulēšanas metodi

Nikolay Gurovs, Riga Technical University, Romans Petrichenko, Riga Technical University

Kopsavilkums. Darbā ir izpētīti sinhronā ģenerators automātiskā ierosmes regulatora trīs darba shēmas, izanalizēti aprēķinu rezultāti un ir izdarīts regulatoru efektivitātes novērtējums. Veikta analīze pēc regulatora regulēšanas kanālu ietekmes uz ģenerators parametriem. Ir parādīts, ka ierosmes sistēmu var regulēt ar dozēto signālu, izmantojot jaudas deficīta regulatoru.

Atslēgas vārdi: stabilitāte, ierosmes sistēma, modelēšana, optimizācija

I. IEVADS

Elektropārvades līnijas caurlaides spējas paaugstināšana ir viens no galvenajiem jautājumiem enerģētikā. Viens no atrisinājumiem ir ierosmes stiprās darbības regulēšanas ieviešana. AIR s. d. sistēma nozīmīgi palielināja energosistēmas stabilitāti un drošumu [2].

Tomēr, energosistēmas modelēšanai bieži izmanto standartus ierosmes sistēmas regulatorus. Tāds paņēmieni var nozīmīgi ietekmēt uz aprēķina rezultātiem.

Darba mērķis ir Ķeguma HES (Daugavas kreisā krasta) ierosmes sistēmas modelēšanā un analizēšanā. Ka arī jauna principa ierosmes regulatora ieviešana un pētīšana.

Darbā ir aplūkoti trīs ierosmes sistēmas modeļi. Pirmais modelis ir vienkāršots un dod vispārējo priekšstatu par ierosmes regulēšanas procesiem.

Par otrā modeļa bāzi tiek ņemta AIR-SDP1 shēma, kura ieteikta A. A. Jurganova, V. A. Koževnikova grāmatā „Sinhronā ģenerators ierosmes regulēšana” (lpp. 90). Par trešo regulatoru ņemts jaudas deficīta aprēķināšanas bloks.

II. PIRMĀ MODEĻA ANALĪZE

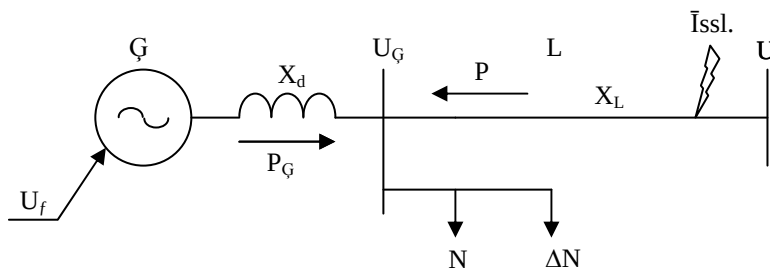
Ierosmes sistēmas modelēšana un analīze veikta ar *Matlab Simulink* programmas palīdzību. Ķeguma ierosmes sistēmas analīzei tiek ņemts sinhronā ģenerators demonstrēšanas modelis.

Demonstrēšanas modelī ir pieslēgts standarts sinhronā ģenerators ierosmes sprieguma regulators. Standarts ierosmes regulators šajā modelī tiek aizvietots ar pētāmiem. Pirmā ierosmes regulatora funkcionālā shēma parādīta 2. attēlā.

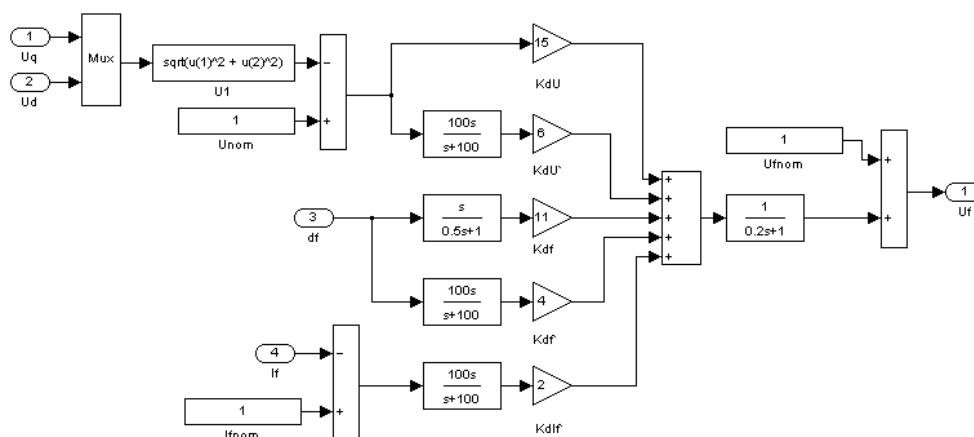
Nākamais solis ir modeļa parametru izvēle, kurus izmanto Ķeguma HES.

Pirmais uzdevums ir ierosmes sistēmas regulēšanas kanālu ietekmes pētīšanā uz sinhronā ģenerators pie dažādiem perturbācijas veidiem – slodzes atslēgšana/pieslēgšana, vienfāzes un trīsfāzes īsslēgums.

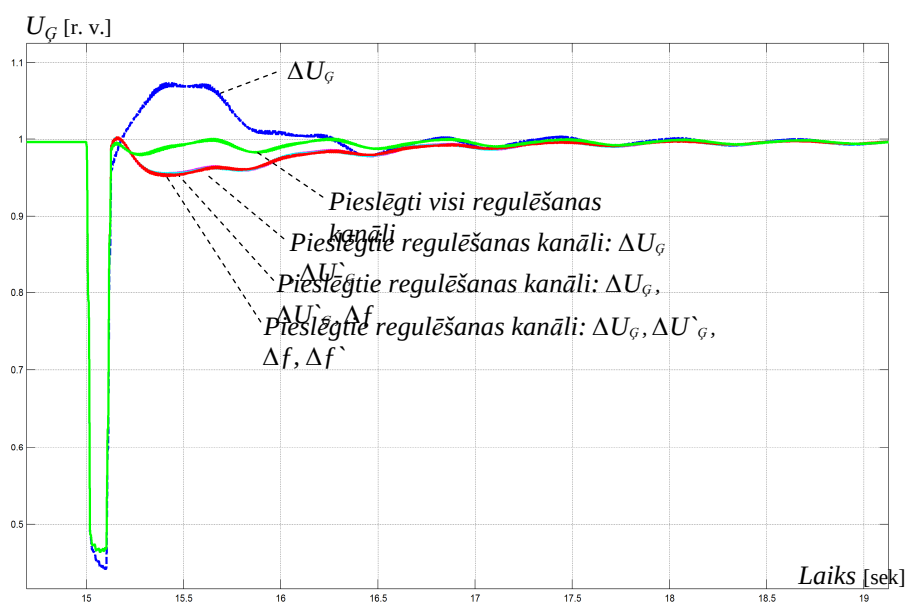
Pirmajā eksperimentā tiek izmantots tikai viens regulēšanas kanāls – sprieguma novirzē uz ģenerators kopnēm ΔU . Turpmākajos eksperimentos pēc kārtas tiek pieslēgti regulēšanas kanāli - ΔU , Δf , Δf , ΔI_f .



1.att. – Pētāmā darba shēma, kur G – ģenerators; X_d – ģenerators iekšējā pretestība; U_G – spriegums uz ģenerators kopnēm; N – slodzes jauda uz ģenerators kopnēm; P – jauda līnijā L ; X_L – saites līnijas pretestība; U_f – ierosmes spriegums; Īssl. – līnijas īsslēgums



2.att. – AIR s. d. vienkāršotā darba shēma[1]

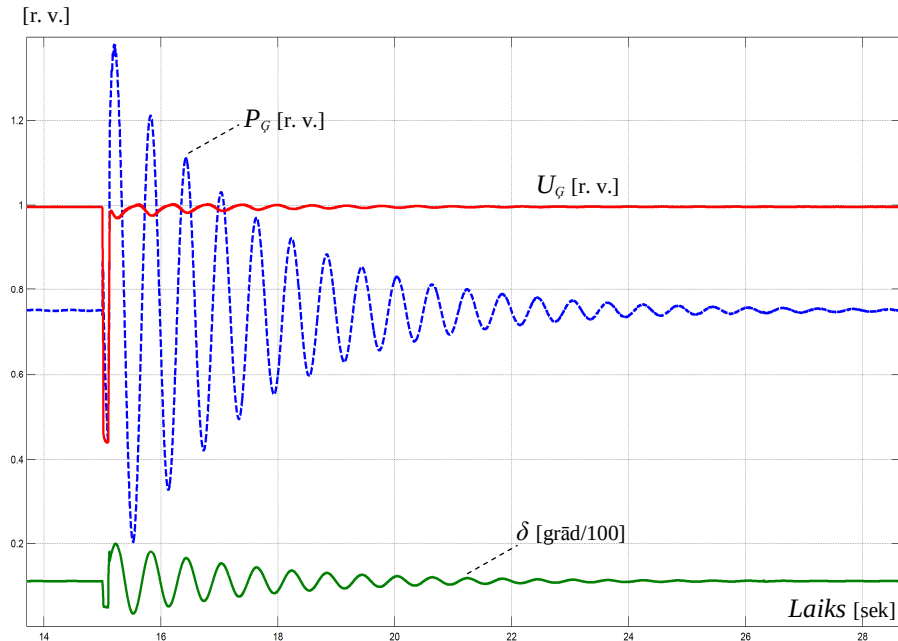


3.att. Spriegums uz ģenerators kopnēm pie trīsfāžu īsslēguma 15. sekundē. Strādā vienkāršotais AIR modelis. Īsslēguma ilgums ir 0.1 sek.
Attēlā parādītas ģenerators kopnes sprieguma raksturīgās atkarības no pieslēgtiem kanāliem AIR regulatorā.

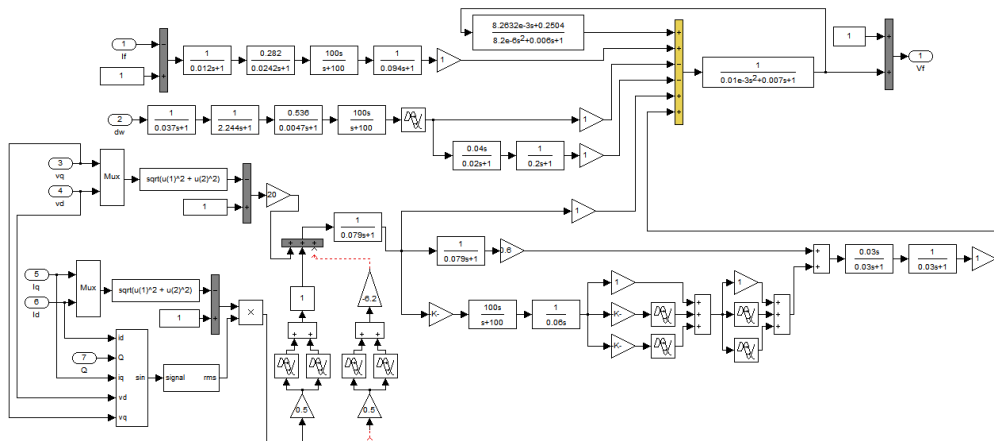
Eksperimenta rezultāti rāda, ka pie slodzes pieslēgšanas/atslēgšanas pietiek ar vienu regulēšanas kanālu ΔU .

Pie īsslēgumiem ierosmes sprieguma regulators ar vienu regulēšanas kanālu ΔU ilgi atjauno spriegumu uz ģenerators kopnēm, parādās sprieguma svārstības.

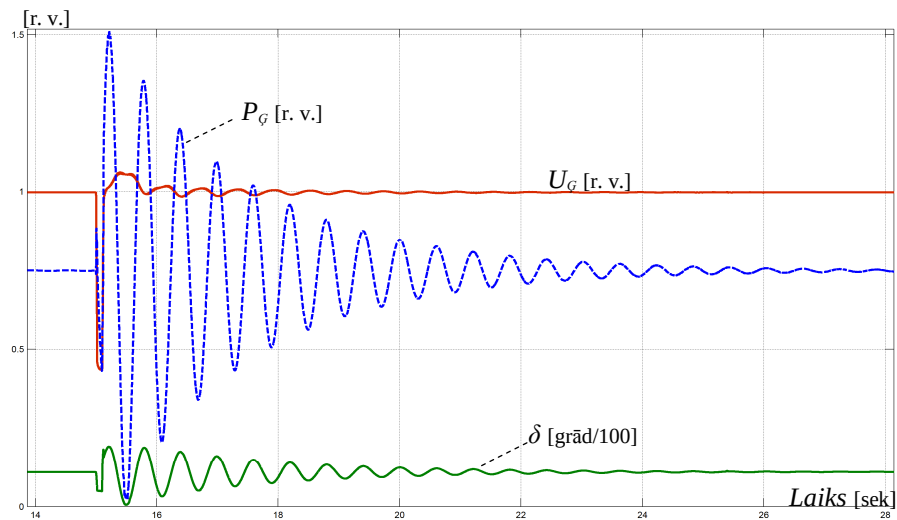
Tomēr, sprieguma novirzes atrodas pieļaujamā zonā. Vislabākais regulēšanas variants parādās, kad visi regulēšanas kanāli ir pieslēgti.



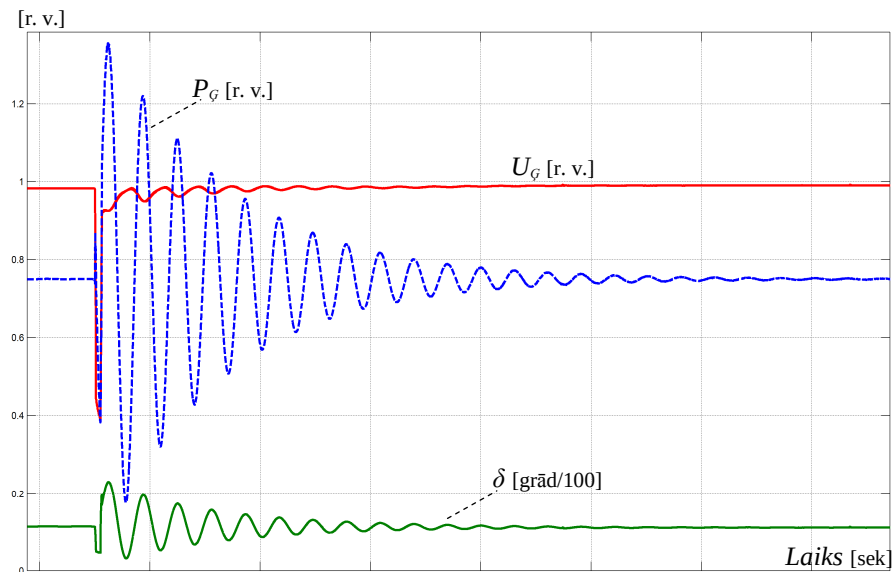
4.att. Spriegums uz ģenerātorā kopnēm, ģenerātorā aktīva jauda, slodzes leņķis pie trīsfāžu īsslēguma 15. sekundē. Strādā vienkāršotais AIR modelis. Īsslēguma ilgums ir 0.1 sek



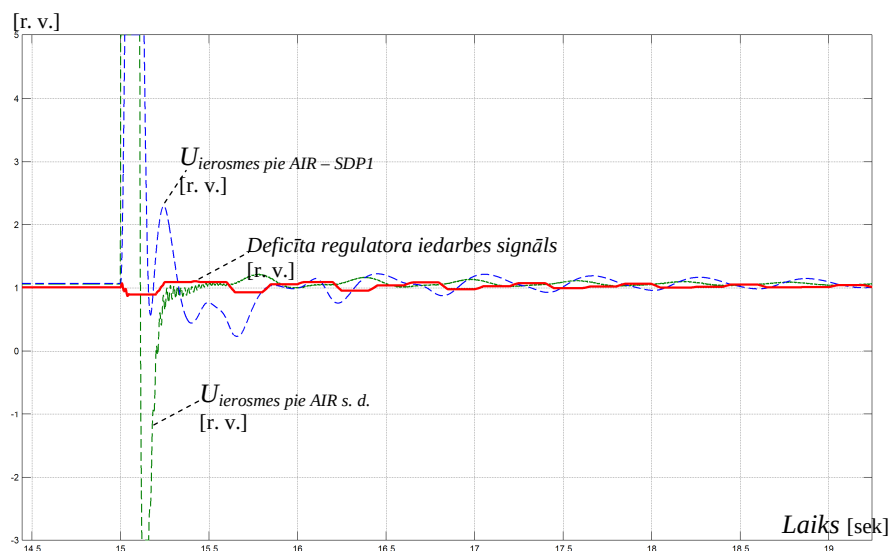
5.att. AIR-SDP1 darba shēma



6.att. Spriegums uz ģenerātorā kopnēm, ģenerātorā aktīvā jauda, slodzes leņķis pie trīsfāžu īsslēguma 15. sekundē. Strādā AIR - SDP1 modelis. Īsslēguma ilgums ir 0.1 sek



7.att. Spriegums uz ģenerators kopnēm, ģenerators aktīvā jauda, slodzes leņķis pie trīsfāžu īsslēguma 15. sekundē. Strādā deficīta aprēķināšanas regulators. Īsslēguma ilgums ir 0.1 sek



8.att. Regulatoru izejas signāli: AIR s. d. ierosmes spriegums, AIR-SDP1 ierosmes spriegums, deficīta aprēķināšanas bloka iedarbes signāls. 15 – jā sekundē notiek trīsfāžu īsslēgums. Īsslēguma ilgums ir 0.1 sek

III. OTRĀ MODEĻA ĀNALĪZE

Kā augstāk minēts, otrais modelis ir uzbūvēts pēc AIR-SDP1 funkcionālās shēmas (5.att.). Šī shēma atbilst Ķeguma ierosmes sistēmas parametriem. Pirmā modeļa eksperimenta rezultāti tiek salīdzināti ar otra modeļa rezultātiem pēc sekojošiem kritērijiem - I_f , U_f , Δf , U_G , P_G , δ . Sestā attēlā ir redzams, ka regulatoru ierosmes sprieguma līknes ir atšķirīgas, tomēr ģenerators izejas parametri ir tuvi viens otrām. Tā kā otrā regulatora darbība tuvinās reālām AIR regulatoram, tad pieņemsim to par dominējošo.

IV. TREŠĀ REGULATORS ĀNALĪZE

Regulators princips dibinās uz energosistēmas jaudas deficīta aprēķināšanas. Dinamikas vienādojums ir:

$$J_{\Sigma} \omega \frac{d\omega}{dt} = P_T - P_{El} \quad (1)$$

kur J_{Σ} - inerces summārais moments;
 ω - leņķiskais ātrums;
 P_T - jauda uz turbīnas vārpstas;
 P_{El} - elektriskā jauda uz ģenerators kopnes.

Izmantot (1) vienādojumu ģeneratora jaudas deficītu aprēķināšanai nevar. Vienādojums (1) ir bilances tipa vienādojums. Kā izriet no (1) pie jaudas bilances sākas stabils režīms pie jebkuram leņķiskam ātrumam $\omega = 2\pi f$. Šajā gadījumā enerģosistēma būs sabalansēta $P_T = P_{El}$, bet palika par deficītu. Lai sasniegtu normālo režīmu $f = f_{nom}$, vajag palielināt turbīnas mehānisku jaudu par deficīta vērtību.

Trešā modeļa dinamikas vienādojuma īpatnība ir tā, ka deficīta aprēķināšanai izmanto nevis esošās vērtības P_T un P_{El} , bet aprēķinātās vērtības $P_{T.apr.}$ un $P_{El.apr.}$, kuras ievēro turbīnas jaudas un slodzes elektriskās jaudas frekvences atkarības.

Tad deficīta vērtību var noteikt ar aprēķinu parametru starpību [3]:

$$P_{def} = P_{T.apr.} - P_{El.apr.} = \frac{P_{El}(f)}{F_2(f)} [1 + F_3(f; f')] \quad (2)$$

kur $F_2(f)$ - slodzes frekvences funkcija.

$$F_3(f; f') = \frac{f_{nom}^2 (\alpha_0 + \alpha_1 \frac{f}{f_{nom}} + \alpha_2 \frac{f^2}{f_{nom}^2})}{f \frac{df}{dt} \tau_{generators} - (2f_{nom} \cdot f - f^2)} \quad (3)$$

$$+ \frac{f_{nom}^2 \cdot \alpha_3 \frac{f^3}{f_{nom}^3} + f \frac{df}{dt} \cdot \tau_{slodze}}{f \frac{df}{dt} \tau_{generators} - (2f_{nom} \cdot f - f^2)}$$

$$P_{El}(f) = P_{El} / f_{nom} \cdot F_2(f) \quad (4)$$

Regulators aprēķina deficīta lielumu un dozēti iedarbojas uz ierosmes tinumu. 8. attēlā ir parādīti visu trīs regulatoru izejas signāli. Pie īsslēguma pirmie divi regulatori strādā maksimālā

režīmā. Trešais regulators padod dozētus impulsus, tie netuvinājas pie AIR robežparametriem. Salīdzinot ģeneratora izejas parametrus (att.4, 6, 7) var pārliecināties, ka pēdējais regulators strādā tajā pašā līmenī, ka pirmais un otrais regulators. Var secināt, ka trešo regulatoru var izmantot sinhronā ģenerators ierosmes sistēmas regulēšanai.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Čuvičins V., Priedīte J. *Vadības sistēmas enerģētikā*. - RTU Izdevniecība, R.; 2006, 227 lpp.
- [2] Юрганов А. А., Кожевников В. А. *Регулирование возбуждения синхронных генераторов*. - «Наука», Санкт-Петербург; 1996, 138 стр.
- [3] Стернинсон Л. Д., *Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах*. - Энергия, Москва; 1975, 216 стр.



Nikolay Gurov graduated from Power and Electrical Engineering Faculty of Riga Polytechnical Institute. In 1963 received scientific degree of technical sciences (Dr.Sc.Eng.) in the Riga Polytechnical Institute. He has been working in RTU from 1963 as a leading researcher of Power Engineering Institute. His research interests include Electrical Power System's normal and emergency processes control.
Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Riga, Latvia
Phone: +371 67089937



Roman Petrichenko received B.Sc. degree in electrical engineering from the Riga Technical University, Riga, Latvia, in 2008. He is an Mag. student at Riga Technical University, Power Engineering Institute, Riga, Latvia.
Address: Kronvalda blv., 1, LV-1010, Riga, Latvia
Phone: +371 26625622,
E-mail: romoff@inbox.lv

Nikolay Gurov, Roman Petrichenko. The synchronous generator's stability increase with exciting voltage's regulation method.

Problem of power supply system's safety and quality of control has taken on special significance due to development and complication of electropower systems. The effective decision of this problem is prevented by deficient controllability with antirush automatics existing devices in emergency conditions because of the limited basic possibilities. The further development of antirush control systems for new, better control principles and facilities's creation is required. The synchronous generator excitation system's regulation is an integral part in power supply system stability's increase questions.

The work consists of Kegum AES's synchronous generator excitation system's two models' formation.

In the work AES regulation channels in emergency and after emergency conditions, which are caused by different kinds of perturbation, is carried out. Both regulators give the chance to analyse stability of Kegum's HES synchronous generator. In the work is considered the synchronous generator's excitation pressure regulation's possibility by a regulator which determinates generator's calculated capacity of deficiency and measurly influences an excitation winding. As a result, is proved that the given regulation type is effective and is in the same rate as previous AES regulators.

Николай Гуров, Роман Петриченко. Повышение устойчивости синхронного генератора методом регулирования напряжения возбуждения.

С развитием и усложнением электроэнергетических систем проблема надежности и качества управления энергосистемой приобрела особое значение. Эффективному решению этой проблемы препятствует недостаточная управляемость в аварийных режимах существующими устройствами противоаварийной автоматики из-за ограниченных принципиальных возможностей. Требуется дальнейшее развитие систем противоаварийного управления в части создания новых, более совершенных принципов управления и новых средств управления. Регулировка системы возбуждения синхронных генераторов является неотъемлемой частью в вопросах повышения устойчивости энергосистемы.

Данная работа включает в себя составление двух моделей системы возбуждения синхронного генератора Кегумской ГЭС. В работе проведено изучение каналов регулирования АРВ при аварийных и послеаварийных режимах, вызванных разными видами возмущения. Оба регулятора дают возможность проанализировать устойчивость синхронного генератора Кегумской ГЭС. В работе рассматривается возможность регулировки напряжения возбуждения синхронного генератора регулятором, который вычисляет расчетную величину дефицита мощности генератора и дозировано воздействует на обмотку возбуждения. В результате исследований доказано, что данный вид регулировки не уступает предыдущим регуляторам.

