

**RTU studiju kurss "Energosistēmu dinamika un stabilitāte"****33000 Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte****Vispārējā informācija**

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kods                                                | DE0879                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nosaukums                                           | Energosistēmu dinamika un stabilitāte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Studiju kursa statuss programmā                     | Obligātais/Ierobežotās izvēles; Brīvās izvēles                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Atbildīgais mācītspēks                              | Inga Ziemane - Doktors, Profesors                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Mācītspēks                                          | Tatjana Lomane - Doktors, Vecākais pasniedzējs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Apjoms daļās un kredītpunktos                       | 1 daļa, 14.0 kredītpunkti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Studiju kursa īstenošanas valodas                   | LV, EN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Anotācija                                           | Studiju kurss sniedz profesionālas zināšanas par mūsdienu elektroenerģētisko sistēmu dinamiku un stabilitāti. Apmācības laikā studentiem jāiegūst izpratne par matemātiskajām metodēm energosistēmu dinamikas un stabilitātes pētīšanai, kuru pamatā ir asinhrono un sinhrono elektrisko mašīnu matemātiskie modeļi, kompleksās slodzes un dažāda veida automātiskās parametru kontroles sistēmas statiskos, dinamiskos un pārejos energosistēmu režīmos, kā arī automatizēto elektrisko sistēmu stabilitātes aprēķināšanas un analīzes metožu izmantošana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs | Studiju kursa mērķis ir nodrošināt stingru teorētisko pamatu energosistēmas dinamikas un stabilitātes analīzei, kā sākumpunktu dziļākai sarežģītu parādību izpētei elektroenerģētikā, Studiju kursa uzdevumi ir attīstīt kompetences un prasmes, kas nepieciešamas:<br>- elektromehānisko pārejas procesu un stacionāro energosistēmu režīmu analīzei un efektīvai vadībai;<br>- lai palielinātu stabilitāti energoblokos un energosistēmās ar daudzveidīgu struktūru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi     | Individuālais darbs literatūras un citu avotu izpētē attiecīgajā jomā, proti, izpratne par pētījumu metožu izvēli saistībā ar pētījuma priekšmetu, izpratne par attiecībām starp pētniecības metodēm, instrumentiem un pētījumu rezultātiem, kā arī paredzamo rezultātu zinātniskās novitātes prognozēšana.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Literatūra                                          | Obligātā/Obligatory:<br>1. IEEE new journals: "Transactions on Software Engineering", "Transactions on Power Systems".<br>2. Open Access IEEE Proceedings.<br>3. IEEE Open Access journals: "Journal of Power and Energy"; "Journal of Power and Energy Systems";<br>4. Springer Open Access journals: "Energy Transitions", "International Journal of Energy and Environmental Engineering"; "Journal of Modern Power Systems and Clean Energy"; "Protection and Control of Modern Power Systems"<br>5. MDPI Open Access journals: "Energies"; "World Electric Vehicle Journal", "Smart Cities"<br>6. Power System Dynamics: Stability and Control 3rd Edition, 2020.<br>7. Elektromehāniskie pārejas procesi elektriskajās sistēmās. I. Zicmanes (eds). Rīga, RTU Izdevniecība, 2012.-402 pp.<br>8. P. Kundur. Power system stability and control. - N. Y.: IEEE Press, 1994. - 1176p.<br>9. J. Machowski, Z. Lubosny, J. W. Bialek, J. R. Bumby. Power System Dynamics: Stability and Control, Wiley; 3rd edition, 2020.<br>10. Y. Xu, Y. Zhang, Z. Y. Dong, R. Zhang. Intelligent Systems for Stability Assessment and Control of Smart Power Grids, 2020 by CRC Press.<br>11. B. Papkovs, I. Zicmane. Elektromagnētiskie pārejas procesi elektriskajās sistēmās. R., RTU tipogrāfija, 2007., 306 lpp.<br>12. G. Zenenko, T. Lomane, I. Zicmane. Elektroenerģētisko sistēmu matemātiskie modeļi statiskās stabilitātes izpētei. // EEF, RTU, Rīga, 2012. <a href="http://www.eef.rtu.lv/studijumateriali.php">http://www.eef.rtu.lv/studijumateriali.php</a><br>13. T. Lomane, Elektroenerģētisko sistēmu frekvenču raksturlielnes un to pielietojums stabilitātes uzdevumos. // EEF, RTU, Rīga, 2006. <a href="http://www.eef.rtu.lv/studijumateriali.php">http://www.eef.rtu.lv/studijumateriali.php</a><br>Papildu/Additional:<br>1. Peter W. Sauer and M. A. Pai. Power System Dynamics and Stability. <a href="https://courses.physics.illinois.edu/ece576/sp2018/Sauer%20and%20Pai%20book%20-%20Jan%202007.pdf">https://courses.physics.illinois.edu/ece576/sp2018/Sauer%20and%20Pai%20book%20-%20Jan%202007.pdf</a><br>2. P. M. Anderson, A. A. Fouad. Power system control and stability. - N. Y.: IEEE Press, 2003. – 658 p. |
| Nepieciešamās priekšzināšanas                       | Doktorantam ir nepieciešamas maģistra līmeņa priekšzināšanas enerģētikā un elektrotehnikā vai tām pielīdzināma izglītība.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Studiju kursa saturs**

| Saturs                                                      | Pilna un nepilna laika klātienes studijas |                | Nepilna laika neklātienes studijas |                |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
|                                                             | Kontakt stundas                           | Patstāv. darbs | Kontakt stundas                    | Patstāv. darbs |
| 1. Stabilitātes problēmas mūsdienu energosistēmās.          | 0                                         | 0              | 0                                  | 0              |
| 1.1. Sinhrono mašīnu teorijas pielietošana enerģētikā.      | 5                                         | 5              | 3                                  | 7              |
| 1.2. Ierosmes sistēmu daudzveidība, tās kontroles iespējas. | 5                                         | 5              | 3                                  | 7              |
| 1.3. Slodzes dinamisko raksturlielņu novērtējums.           | 5                                         | 5              | 3                                  | 7              |
| 2. Energosistēmas dinamiskā modeļa struktūra.               | 0                                         | 0              | 0                                  | 0              |

|                                                                                       |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 2.1. Sinhrono mašīnu modeļi stabilitātes izpētei.                                     | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 2.2. Ierosmes sistēmas modeļi.                                                        | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 2.3. Primāro enerģijas avotu un primāro dzinēju modeļi.                               | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 2.4. Augstas sprieguma līdzstrāvas (HVDC) līnijas un back-to-back staciju modelēšana. | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 3. Energosistēmas dinamikas un stabilitātes izpēte.                                   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 3.1. Mazo signālu stabilitātes izpētes pamātprincipi.                                 | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 3.2. Vadības un aizsardzības automātikas ietekme uz energosistēmas stabilitāti.       | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 3.3. Pārejas procesa veidi un to izpētes metodes.                                     | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 3.4. Vidēja termiņa un ilgtermiņa procesu dinamikas izpētes problēma.                 | 5   | 5   | 3   | 7   |
| 4. Energodrošības un stabilitātes draudu rašanās.                                     | 10  | 10  | 6   | 14  |
| 5. Energosistēmas stabilitātes uzlabošanas metodes.                                   | 10  | 10  | 6   | 14  |
| 6. Ar disertācijas tēmas saistītie praktiskie pētījumi.                               | 100 | 100 | 80  | 120 |
| 7. Seminārs par identificētajām problēmām, saistītām ar disertācijas tēmu.            | 5   | 5   | 3   | 7   |
| Kopā:                                                                                 | 180 | 180 | 128 | 232 |

#### ***Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana***

| Sasniedzamie studiju rezultāti                                                             | Rezultātu vērtēšanas metodes             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Spēj izstrādāt energosistēmas elementu modeļus statisko un dinamisko raksturlīkņu izpētei. | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj novērtēt sinhrono mašīnu ierosmes sistēmu un turbīnu regulatoru dinamiskās īpašības.  | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj novērtēt elektrisko sistēmu dinamiskās īpašības un režīma robežnosacījumus.           | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Izprot atjaunojamo enerģijas avotu ietekmi uz elektrisko sistēmu dinamiskajām īpašībām.    | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj novērtēt vadības un aizsardzības automātikas ietekmi uz energosistēmas stabilitāti.   | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj novērtēt ģenerācijas avota struktūru sistēmas inerīei un frekvences kvalitātei.       | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj analizēt zemas frekvences svārstības energosistēmā un noteikt to raksturu.            | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Spēj izmantot mūsdienu energosistēmas stabilitātes uzlabošanas principus un līdzekļus.     | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |
| Izprot vidēja termiņa un ilgtermiņa stabilitātes specifiku un modelēšanas iespējas.        | Problēmu risināšanas uzdevums, eksāmens. |

#### ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji***

| Kritērijs                     | % no kopējā vērtējuma |
|-------------------------------|-----------------------|
| Problēmu risināšanas uzdevumi | 50                    |
| Eksāmens                      | 50                    |
| Kopā:                         | 100                   |

#### ***Studiju kursa plānojums***

| Daļa | KP   | Stundas  |          |         | Pārbaudījumi |        |       | Brīvās izvēles pārbaudījumi |        |       |
|------|------|----------|----------|---------|--------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|
|      |      | Lekcijas | Prakt d. | Laborat | Ieskaite     | Eksām. | Darbs | Ieskaite                    | Eksām. | Darbs |
| 1.   | 14.0 | 48.0     | 0.0      | 96.0    |              | *      |       |                             | *      |       |