



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ВОЗБУЖДЕНИЯ АРВ

Kurbonov Nurali Abdullayevich

teacher

Ne'matov Buxor Akrom o'g'li

student

Eshtemirov Jamshidbek Olimjon o'g'li

student

Karshi Engineering and Economic Institute

Аннотация: В данной статье рассмотрены проблемы автоматической регулировки возбуждения синхронных генераторов и статической устойчивости электроэнергетических систем. Исследовано математическое выражение системы автоматической регулировки возбуждения в синхронных генераторах.

Ключевые слова: синхронный генератор; тиристорный переключатель; сильное воздействие AVR.

Abstract. The article considers information about excitation systems of synchronous generators, static stability of electrical systems. The mathematical description of excitation control systems for synchronous generators has been studied.

Key words: synchronous generator; thyristor converter; AEC of strong action.

Внедрение на электростанциях сильного регулирования возбуждения синхронных генераторов, которое при минимальных капитальных затратах обеспечивает работоспособность генераторов как обычного, так и нетрадиционного исполнения, решает вопросы повышения устойчивости и надежности процесса передачи электроэнергии, а также распределения реактивной мощности и минимизации потерь в сетях [1].

Одной из основных задач систем регулирования возбуждения является стабилизация режима станции. Общее движение всех генераторов относительно эквивалента системы получило в литературе название «внешнее». В то же время отдельные генераторы, работающие на общие шины, будучи все вместе устойчивы относительно УС, могут обмениваться электромагнитной энергией между собой. При этом они совершают так называемое внутригрупповое движение. Различные законы регулирования могут иметь внутренние противоречия, приводящие к подчеркиванию колебаний одного из типов при прекрасной стабилизации колебаний другого типа. Для сравнения между собой различных регуляторов необходимо исследовать как внешнее, так и внутригрупповое движение. Следовательно, необходимо иметь или достаточно полную, но сложную модель, отражающую оба типа движения, или две более простые модели объекта: одну для случая внешнего, другую для случая внутригруппового



движения, с тем чтобы проводить исследование эффективности любого регулятора или закона регулирования последовательно.

Математические модели статических тиристорных систем возбуждения для исследования параллельной работы синхронных генераторов достаточно полно описаны в работах, где тиристорный преобразователь моделируется по основной гармонике тока питающей сети и по его внешним характеристикам. При этом силовая часть системы возбуждения рассматривается как мостовой тиристорный преобразователь, в котором коммутирующая Э.Д.С E_{γ} действует за реактивным сопротивлением коммутации X_{γ} . Современные статические системы возбуждения проектируются таким образом, что в установившихся режимах тиристорный преобразователь работает в режиме горения вентилей [2-3].

Модель предназначена для анализа качества регулирования синхронных генераторов, оснащенных современными системами возбуждения с регуляторами АРВ СДП, и определения запасов устойчивости при их параллельной работе. Исходя из этого ряд блоков и каналов, не оказывающих влияния на устойчивость, исключен из рассмотрения.

Модель представляет собой совокупность передаточных функций узлов и блоков АРВ (рис. 1), отражающих динамические свойства регулятора в диапазоне частот колебаний от 0.2 до 5.0 Гц. Физическими входами АРВ являются периодические сигналы измерительных трансформаторов тока и напряжения, пропорциональные напряжению U_r и току I_r статора, току ротора I_f и суммарному току группы генераторов I_{Σ} . Кроме того, в бесщеточных системах возбуждения от блока обратной связи (БОС) на вход АРВ поступает сигнал напряжения ротора U_f . Измерительные преобразователи формируют на основе входной информации сигналы, которые для малых отклонений можно интерпретировать как изменение напряжения ΔU_r , частоты напряжения Δf_u , реактивных составляющих тока статора ΔI_{Rr} и группы генераторов $\Delta I_{R\Sigma}$, тока ΔI_f и напряжения ΔU_f ротора.

Изменение напряжения ΔU_r поступает на один из входов блока напряжения (БН), имеющего передаточную функцию

$$W_{БН}(p) = \frac{1}{1 + pT} \left[\frac{K}{1 + 0,011p} + pTW_{C\Phi}(p) \right] \begin{bmatrix} B \\ B \end{bmatrix}$$

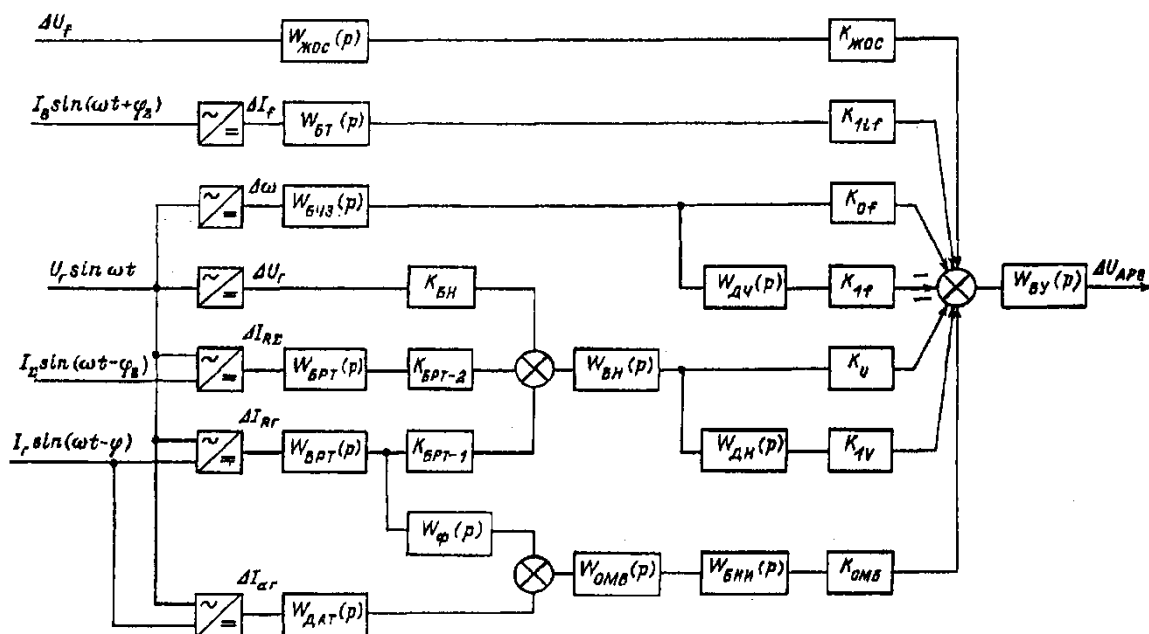


Рис. 1. Структурная схема регулятора АРВ – СДП
где

$$W_{сф}(p) = \frac{1}{0,06p} \left(1 - \frac{1}{2}e^{-0,01p} - \frac{1}{2}e^{-0,03p} \right) \left(1 + e^{-0,0067p} + e^{-0,0133p} \right)$$

определена ранее.

$K_{ou}, \frac{e.в.н.}{e.н.}$	15	0	2	5	0	5	7	1	2
$K, \frac{B}{B}$	0.6	8	0	.0	0	.0	3	4	8
T, c	0.0	0	0	0	0	0	0	0	1
	79	.106	.132	264	.396	.528	.056		

Статический коэффициент передачи измерительного преобразователя равен:

$$K_{БН} = 20 \frac{B}{с.н}$$

На два других входа БН поступают выходные сигналы БРТ-1 и БРТ-2, пропорциональные изменениям реактивных токов генератора ΔU_{Rr} и группы генераторов $\Delta I_{R\Sigma}$ соответственно. Передаточные функции БРТ-1 и БРТ-2 равны:

$$W_{БРТ-1}(p) = W_{БРТ-2}(p) = 0,5 \left(e^{-0,005p} + e^{-0,015p} \right) \left[\frac{B}{B} \right]$$

Величины коэффициентов передачи БРТ-1 и БРТ-2 зависят от положения переключателей «Компенсация», расположенных на лицевых панелях блоков БН и БРТ-2 соответственно. Эти коэффициенты изменяются равными долями от нуля до максимальных значений, соответствующих 10 делениям шкал переключателей:



$$K_{БРТ-1\max} = \pm 6,2 \frac{B}{e.т}, \quad K_{БРТ-1\min} = -6,2 \frac{B}{e.т}$$

Знак $K_{БРТ-1}$ зависит от положения накладки переключения режимов работы блока, расположенной на его лицевой панели. Положительный знак соответствует режиму токовой стабилизации, отрицательный — токовой компенсации [4-5].

Передаточная функция дифференциатора канала напряжения

$$W_{ДН}(p) = \frac{0,03p}{(1+0,03p)^2} [B / B / c].$$

Передаточная функция блока частоты

$$W_{БЧЗ}(p) = \frac{0,536pe^{-0,005p}}{(1+0,037p)(1+2,44p)} [B / рад / c].$$

Передаточная функция дифференциатора канала частоты

$$W_{ДЧ}(p) = \frac{0,4p}{(1+0,02p)(1+0,2p)} [B / B / c].$$

Передаточная функция канала регулирования по производной тока ротора

$$W_{БТ}(p) = \frac{0,282p}{(1+0,012p)(1+0,024p)(1+0,094p)} \left[\frac{B}{e.т.р. / c} \right].$$

Передаточная функция канала жесткой обратной связи

$$W_{ЖОС}(p) = \frac{0,313(1+0,033p)}{(1+0,044p)(1+2 \cdot 10^{-3}p)} \left[\frac{B}{e.в.} \right].$$

Коэффициент $K_{ЖОС} = 0 \div 1$ в зависимости от положения переключателя «ЖОС», расположенного на лицевой панели блока форсирования (БФ).

Сигналы отклонения и производной напряжения, отклонения и производной частоты напряжения и производной тока ротора суммируются в блоке усиления, имеющем передающую функцию

$$W_{БУ}(p) = \frac{K_{БУ}}{(1+0,002p)(1+0,005p)} \left[\frac{B}{B} \right].$$

Коэффициент усиления блока усиления равен: $K_{БУ} = 50$ В/В — для статических систем возбуждения; $K_{БУ} = 115$ В/В — для бесщеточных и высокочастотных систем возбуждения. При этом предполагается, что коэффициенты усиления статического и бесщеточного возбудителей составляют соответственно $K_{ст} = 0,2$ е.в.н./В; $K_{бщ} = 0,8$ е.в.н./В.

В результате на выходе АРВ формируется сигнал:

$$\begin{aligned} \Delta U_{АРВ} = & W_{БУ}(p) \left\{ W_{БН}(p) \left[K_{БН} \Delta U_{Г} + K_{БРТ-1} \Delta I_{R_r} + K_{БРТ-2} \Delta I_{R_x} \right] \times \right. \\ & \times \left[K_U + K_{1U} W_{ДН}(p) \right] + K_{1f} + W_{БТ}(p) \Delta I_f - W_{БЧЗ}(p) \left[K_{0f} + K_{1f} W_{ДЧ}(p) \right] \Delta \omega_U + \\ & \left. + W_{ЖОС}(p) \Delta U_f \right\} [B], \end{aligned} \quad (3.2.1)$$



весовые коэффициенты K_{lu} , K_{of} , K_{lf} , K_{lif} , в котором имеют размерность $[B/V]$. Они линейно зависят от переключателей коэффициентов усиления каналов регулирования. При положении переключателей, соответствующих 10 делениям шкалы, коэффициенты равны 1. Величина коэффициента K_u всегда постоянна, не зависит от положения переключателей и равна 0.13.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.
2. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., ... & Mukimov, B. (2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 614, No. 1, p. 012171). IOP Publishing.
3. Abdullayevich, Q. N. (2023). REDUCING ELECTRICITY LOSSES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS DUE TO MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF LINE SECTIONS. *MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH*, 3(28), 275-279.
4. Abdullayevich, Q. N., & Muzaffar o'g'li, N. T. (2023). OPERATING MODES OF HYDROGENERATORS. *MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH*, 2(24), 162-164.
5. Abdullayevich, Q. N., & Muzaffar o'g'li, N. T. (2023). ASSESSMENT OF THE INFLUENCED FACTORS ON THE INDICATORS OF SPECIFIC ELECTRICITY CONSUMPTION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES. *FORMATION OF PSYCHOLOGY AND PEDAGOGY AS INTERDISCIPLINARY SCIENCES*, 2(20), 8-10.
6. Abdullayevich, Q. N. (2023). EFFICIENCY OF USE OF FREQUENCY CONVERTER WITH SMOOTH CONTROL OF ASYNCHRONOUS MOTOR SPEED. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 11(5), 448-449.
7. Abdullayevich, Q. N. (2023). Ways to Reduce Losses in Power Transformers. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 20, 36-37.
8. Turdiboyev, A., Aytbaev, N., Mamutov, M., Tursunov, A., Toshev, T., & Kurbonov, N. (2023, March). Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1142, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
9. Abdullayevich, Q. N., & Elmurodovich, B. O. (2023). ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(7), 1006-1010.
10. Abdullayevich, Q. N. (2023). CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON ELECTRICAL CIRCUITS. *Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities*, 11(1), 1095-1098.
11. Mahmutxonov, S. J., Qurbonov, N., & Babayev, O. (2022). ELEKTR TARMOQLARIDA SIFAT KO 'RSATKICHLARI VA ISROFLAR. *Innovatsion texnologiyalar*, 1, 14-15.



12. Abdullayevich, K. N., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). USING CONSUMER-REGULATORS TO EQUALIZATION OF ELECTRICAL ENERGY SYSTEM LOAD SCHEDULE. *JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, 7(4), 25-29.
13. Abdullayevich, Q. N., Almardon o'g'li, N. A., & Bahodir o'g, Q. O. A. (2024). INFLUENCE OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY ON ELECTRICAL ENERGY WASTE. *Научный Фокус*, 1(9), 786-789.
14. Abdullayevich, Q. N., Almardon o'g'li, N. A., & Bahodir o'g, Q. O. A. (2024). ENSURING ELECTRICAL ENERGY QUALITY IN TEXTILE ENTERPRISES. *Научный Фокус*, 1(9), 794-797.
15. Abdullayevich, Q. N. (2023). REACTIVE POWER COMPENSATION. *IMRAS*, 6(6), 506-508.
16. Бейтуллаева Р., Тухтаев Б., Норбоев А., Ниматов К. и Джураев С. (2023). Анализ работы насосов в обычных напорных трубопроводах на примере насосной станции «Чирчик». В сети конференций E3S (том 460, стр. 08015). ЭДП наук.
17. Ixtiyorovich, D. S., & Sheramat o'g'li, M. N. (2023). ACCOUNTING FOR THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY WHEN SELECTING AND PLACING MEANS FOR REACTIVE POWER COMPENSATION. *INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH IN EDUCATION*, 2(18), 296-299.
18. Abdullayevich, K. N., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). FUNCTIONS OF FACTS DEVICES WITH INNOVATION TECHNOLOGY IN THE ELECTRICAL ENERGY SYSTEM. *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES*, 7(5), 12-16.
19. Ixtiyorovich, D. S., & Sheramat o'g'li, M. N. (2023). ROLLING STOCK WITH ASYNCHRONOUS TRACTION ELECTRIC MOTORS. *SCIENTIFIC APPROACH TO THE MODERN EDUCATION SYSTEM*, 2(15), 235-237.
20. Ixtiyorovich, D. S. (2023). CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON ELECTRICAL CIRCUITS. *Научный Фокус*, 1(1), 84-88.
21. Джураев, Ш. И., & Махмудов, Н. Ш. (2023). ДОСТИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМОВ С ПОМОЩЬЮ ФОТОРЕЛЕ. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 15, 55-57.
22. Джураев, Ш. И. (2023). СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ. БАЛАНСИРОВКА МОСТА. *Scientific Impulse*, 1(7), 859-861.
23. Мамарасулова Ф., Бобожонов Ю., Джураев С. и Каримова Н. (2023). Стимулирование природоохранной деятельности в энергетическом секторе. В сети конференций E3S (том 461, стр. 01099). ЭДП наук.
24. Ixtiyorovich, S. D., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). АСИНХРОННАЯ МАШИНА С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ПОЛЮСОВ. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 2(20), 768-772.