

DOI: 10.31319/2519-2884.44.2024.17

УДК 621.313.323

Нізімов В.Б., д.т.н., професор, ORCID: 0000-0002-4580-5262, e-mail: vikbor36@gmail.com

Робак А.І., здобувач третього (доктор філософії) рівня, e-mail: artemrobak95@gmail.com

Матухно К.О., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Nizimov Victor, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Electrical Engineering and Electromechanics

Robak Artem, Postgraduate Student

Matukhno Kostiantyn, master's degree student

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ДИНАМІКА СИСТЕМИ НАДІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ В РЕЖИМІ ПІДКЛЮЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ЗНАЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

У статті розв'язана актуальна наукова задача, яка полягає в зменшенні динамічного падіння напруги та її тривалості у системах надійного живлення. Наведені функціональні схеми та математичний опис системи надійного живлення. Виконані розрахункові залежності динамічних процесів. Доведено, що в запропонованій системі динамічне падіння напруги у декілька менше, ніж в існуючих системах.

Ключові слова: система надійного живлення; динамічне падіння напруги; акумуляторна батарея; двигун постійного струму.

The article solves the current scientific problem, which is to reduce the dynamic drop in voltage and its duration in reliable power supply systems. Functional diagrams are a mathematical description of a reliable power supply system. Estimated dependencies of dynamic processes are performed. It is proved that in the proposed system dynamic voltage drop in several less than in existing systems.

Keywords: reliable power supply system; dynamic voltage drop; battery; DC motor.

Постановка проблеми

При підключенні значного навантаження до генератора відбувається велике падіння напруги та її тривалості. У випадку перевищення 25% U_n та тривалості більше 0,5 с відбувається виключення попередньо підключених споживачів, що недопустимо для нормального функціонування атомних електростанцій (АЕС).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Суттєвим недоліком дизель-генераторів є м'якість зовнішніх характеристик, тому навантаження необхідно збільшувати поступово, і крім того, час запуску становить не менше 3,5 с. Застосування систем надійного живлення із двигунами постійного струму (ДПС) від акумуляторної батареї (АБ) при підключенні значного навантаження є неприпустимим, оскільки спадає напруга синхронного генератора (СГ). У відомих джерелах не висвітлені питання динамічних режимів системи живлення АБ — ДПС — СГ [1—4].

Формулювання мети дослідження

Мета дослідження — зменшення динамічного падіння напруги СГ та його тривалості при підключенні значного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження

На рис. 1 представлена функціональна схема системи надійного живлення для стабілізації частоти обертання приводного двигуна та напруги СГ.

Система надійного живлення складається із системи стабілізації швидкості та системи стабілізації напруги СГ.

Системи стабілізації швидкості обертання первинного двигуна описується наступними рівняннями:

$$\begin{aligned}
 U_{\Sigma} &= U_{\text{вх}} - \gamma\omega; \\
 E_n &= K_n U_{\Sigma}; \\
 U_{\text{о}} &= E_n; R_n = 0; \\
 \omega &= \frac{K_{\text{о}}}{T_{\text{я}} T_{\text{м}} p^2 + T_{\text{м}} p + 1} \cdot U_{\text{о}}.
 \end{aligned}$$

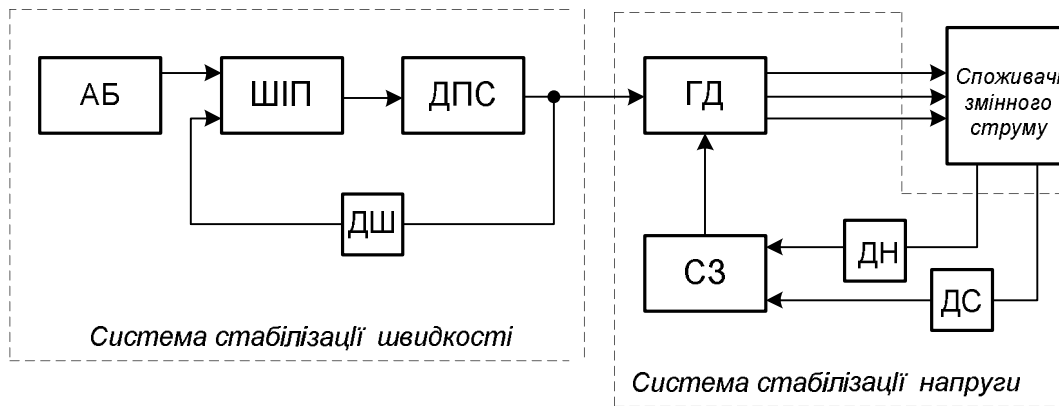


Рис. 1. Функціональна схема системи надійного живлення

Сумарне розв’язання дає вираз:

$$\omega = \frac{K_{\text{нз}} K_{\text{о}} U_{\text{вх}}}{(T_{\text{я}} T_{\text{мз}} p^2 + T_{\text{мз}} p + 1)}, \tag{1}$$

де

$$T_{\text{мз}} = \frac{T_{\text{м}}}{1 + \gamma K_{\text{н}} K_{\text{о}}}; \quad K_{\text{нз}} = \frac{K_{\text{м}}}{1 + \gamma K_{\text{н}} K_{\text{о}}}.$$

На підставі системи рівнянь складена система стабілізації швидкості обертання первинного двигуна (рис.2).

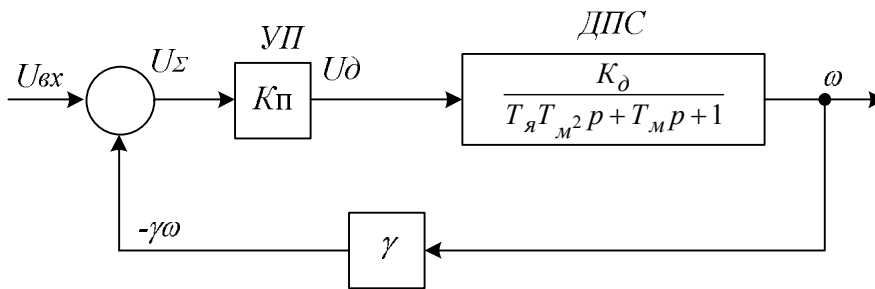


Рис. 2. Структурна схема системи стабілізації швидкості

Система стабілізації напруги СГ представлена структурною схемою (рис. 3) та описується наступними рівняннями:

$$\begin{cases}
 u_d = -r_l i_d + p\Psi_d - \Psi_q \omega; \\
 u_q = -r_l i_q + p\Psi_q - \Psi_d \omega; \\
 u_f = r_f i_f + p\Psi_f + \frac{1}{p} x_c i_f; \\
 u_{kd} = r_{kd} i_{kd} + p\Psi_{kd}; \\
 u_{kq} = r_{kq} i_{kq} + p\Psi_{kq}; \\
 \Psi_d = x_{kd}(-i_d + i_f + i_{kd}) + x_\sigma i_d; \\
 \Psi_q = x_{aq}(-i_q + i_{kq}) + x_\sigma i_q; \\
 \Psi_f = x_{ad}(-i_d + i_f + i_{kd}) + x_{\sigma f} i_f; \\
 \Psi_{kd} = x_{ad}(-i_d + i_f + i_{kd}) + x_{\sigma kd} i_{kd}; \\
 \Psi_{kq} = x_{aq}(-i_q + i_{kq}) + x_{\sigma kq} i_{kq}; \\
 J_\Sigma \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_c - M_{o\sigma}.
 \end{cases} \quad (2)$$

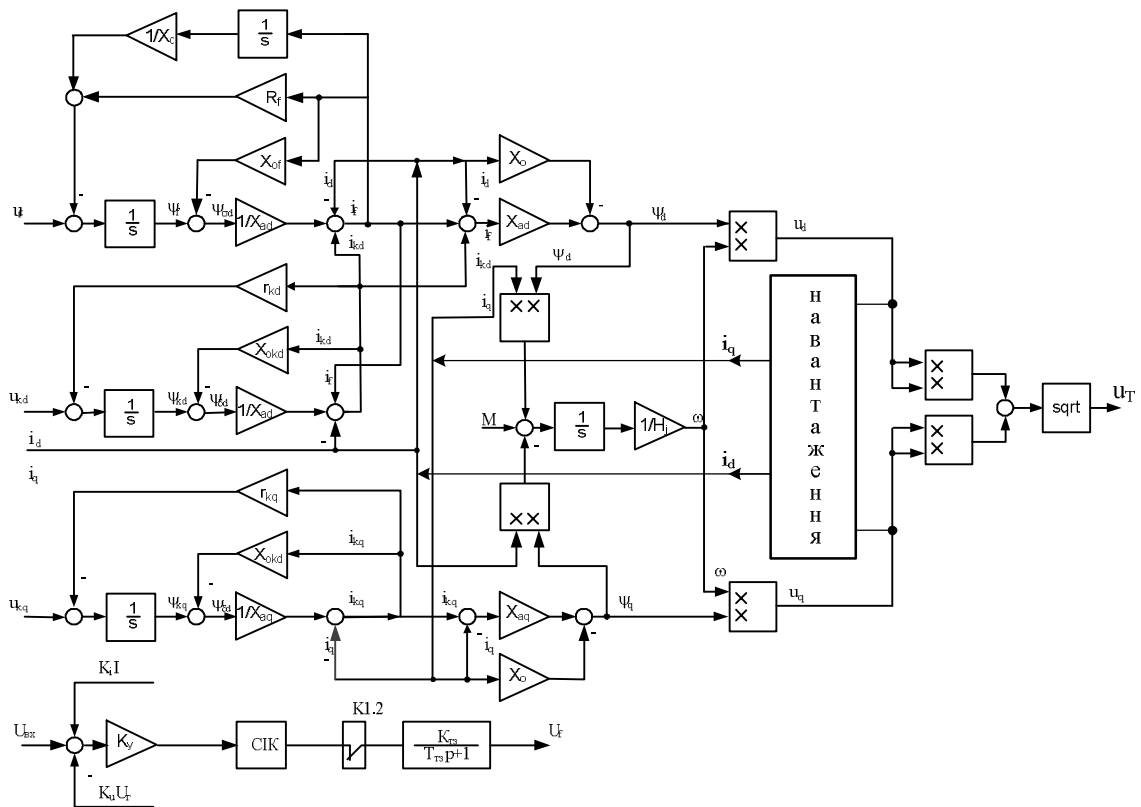
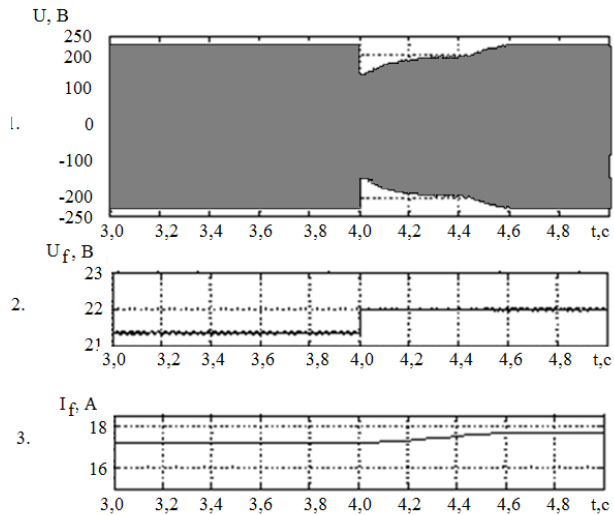


Рис. 3. Структурна схема системи стабілізації напруги СГ

З метою підтвердження працездатності та надійності запропонованої системи були виконані розрахунки перехідних процесів з СГ типу МСА 72/4А: $P_n = 12$ кВт; $U_c = 230$ В; $i_{ln} = 37,6$ А; $U_{fn} = 27$ В; $i_{fn} = 23$ А; $n_n = 1500$ об/хв. при підключенні значного навантаження.

На рис. 4 наведені розрахункові залежності перехідних процесів при підключенні значного навантаження в існуючих системах збудження СГ. На рис. 5 наведені розрахункові залежності при підключенні значного навантаження з ємнісною компенсацією контуру збудження.



1 — огинання амплітуд СГ; 2 — напруга збудження СГ; 3 — струм збудження СГ

Рис. 4. Розрахункові залежності при підключенні значного навантаження в існуючих системах збудження СГ

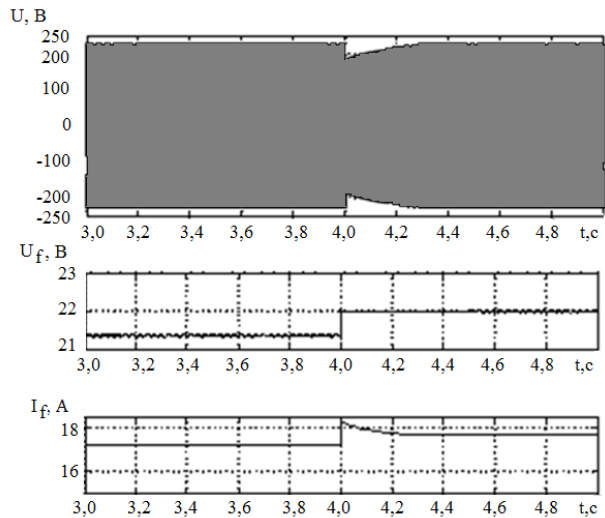


Рис. 5. Розрахункові залежності при підключенні значного навантаження з ємнісною компенсацією контуру збудження

Аналіз розрахункових залежностей показує, що падіння напруги СГ в існуючих системах сягає рівня 170 В, час стабілізації напруги — 0,6 с.

У запропонованій системі за цих же умов падіння напруги становить 202 В, час стабілізації напруги — 0,2 с.

Висновки

Виконані теоретичні та розрахункові дослідження існуючих систем надійного енергоживлення, на підставі яких з'ясовано, що:

1. Існуючі системи надійного живлення не дозволяють стабілізувати швидкість обертання синхронного генератора та його напругу при підключенні значного навантаження.
2. Розроблена та запропонована система надійного живлення, яка дозволить знизити динамічне падіння напруги у 2,8 разів, а час стабілізації напруги зменшити у 3 рази.

Список використаної літератури

1. Данилова О.А. Власні потреби атомних електростанцій : навч.-метод. посіб. / О.А. Данилова, А.В. Івахнов, Л.І. Лисенко, А.А.Тищенко. Харків : НТУ «ХП», 2021. 94 с.
2. Лагунін В.М. Власні потреби електричних станцій : навч. посіб. / В.М. Лагунін, В.В. Тептя, С.Я. Вишневський. Вінниця: ВНТУ, 2008. 102 с.
3. Жесан Р.В. Автоматизація управління автономним енергопостачанням з використанням відновлювальних джерел енергії в умовах селянського (фермерського) господарства: Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. 05.13.07 : Кіровоград, держ. техн. ун-т., 2001. 19 с.
4. Немикіна О.В. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. посібник / О.В. Немикіна. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 188 с.

A DYNAMICS SYSTEM OF RELIABLE FEED IS IN MODE OF CONNECTING USERS CONSIDERABLE LOADING

Abstract

Presence on AES of responsible users (for example, pumps of atomic reactors) need systems of reliable feed. At connected considerable loading there is a dynamic pickoff to the systems of reliable feed.

Therefore the purpose of this work is diminishing of dynamic pickoff synchronous generator and his duration at connected considerable loading. The functional diagram of the system of reliable feed, which consists of the system of stabilizing of speed of primary engine and system of stabilizing of tension of SG, is resulted. The system of stabilizing of tension of SG is mathematically described and presented a flow diagram which calculation dependences of dynamic processes are executed by. It is well-proven as a result of researches, that in the offered system a dynamic pickoff diminished in 2,8 times, and stabilizing of tension diminished in 3 times.

References

- [1] Danylova O.A. (2021). Vlasni potreby atomnykh elektrostantsii [Own necessities of nuclear power plants] : navch.-metod. posib. / O.A. Danylova, A.V. Ivakhnov, L.I. Lysenko, A.A. Tyshchenko. – Kharkiv : NTU «KhPI». 94 p.
- [2] Lahutin V.M. (2008) Vlasni potreby elektrychnykh stantsii [Own necessities of the electric stations] : navch.posib. / V.M. La-hutin, V.V. Teptia, S.Ya. Vyshnevskiy. Vinnytsia: VNTU, 2008. 102 p.
- [3] Zhesan R.V. (2020). Avtomatyzatsiia upravlinnia avtonomnym enerhopostachanniam z vykorystanniam vidnovliuvalnykh dzherel enerhii v umovakh selianskoho (fermerskoho) gospodarstva [Automation of the management of autonomous energy supply using single-injection energy sources in the conditions of a peasant (farm) economy] : Avtoref. dys. na zdob. nauk. stup. kand. tekhn. nauk. 05.13.07: Kirovohrad, derzh. tekhn. un-t., 2001. 19 p.
- [4] Nemykina O.V. (2020). Ponovliuvalni ta alternatyvni dzherela enerhii [Renewal and alternative energy sources]. Dlia studentiv spetsialnosti 141 Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika : navch. posibnyk /O.V. Nemykina. Zaporizhzhia: NU «Zaporizka politekhnika». 188 p.

Надійшла до редколегії 04.01.2024