

3. Результати практичної апробації розробленого діагностичного комплексу свідчать про його ефективність для виконання завдань діагностування та налагодження безщіткових систем збудження потужних генераторів електростанцій.

1. *Научно-технические рекомендации по применению цифрового регулятора возбуждения синхронных генераторов КОСУР разработки ОАО “НИИЭлектромаш” на электростанциях ЕЭС России. Отчет по работе на оказание научно-технических услуг “Испытания цифрового регулятора возбуждения синхронных генераторов типа КОСУР разработки ОАО “НИИЭлектромаш” на цифро-аналогово-физическом комплексе ОАО “НИИПТ”. ОАО “НИИПТ”, Инв. № 0-7878. – СПб., 2008.* 2. *Плахтина О.Г., Куцук А.С. Программно-технический комплекс для випробування систем збудження в енергоблоках електричних станцій // Технічна електродинаміка, тем. випуск “Проблеми сучасної електротехніки”. – 2006. – Ч. 6. – С. 22–25.* 3. *Куцук А.С. Об’єктно-орієнтований метод аналізу електромеханічних систем // Технічна електродинаміка. – 2006. – № 2. – С. 57–63.*

УДК 621.313.333

А.С. Куцук, М.Б. Семенюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕАП

АПЛИКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СИНХРОННОЮ МАШИНОЮ В КОМП’ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

© Куцук А.С., Семенюк М.Б., 2009

Розроблено багатокomp’ютерну (багатопроесорну) систему, в якій розділені розрахунок математичної моделі системи генерування електроенергії синхронною машиною, керування математичною моделлю і реєстрація результатів розрахунку.

Multiprocessor system, which separated the calculation of power generation system mathematical model and model control and registration of calculation results, has been developed.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень та публікацій. В роботах [1, 3] запропоновано використання комп’ютерних моделей реального часу для тестування систем збудження синхронних генераторів електростанцій. Особливістю таких моделей є те, що вони, окрім розрахунку та взаємодії з цифро-аналоговими і аналого-цифровими перетворювачами (ЦАП/АЦП), повинні реалізувати керування режимами розрахунку, реєстрацію і збереження результатів розрахунку. Тому виникає проблема забезпечення роботи комп’ютерної моделі в реальному масштабі часу у разі використання одного комп’ютера.

Задача досліджень. Проведений аналіз вказує на необхідність створення багатокomp’ютерної (багатопроесорної) системи, в якій відбуватиметься розділення процесів розрахунку математичної моделі, керування математичною моделлю, візуалізації і збереження інформації. Виконати поставлене завдання можна шляхом використання комп’ютерних мереж, в яких передача інформації відбувається за допомогою взаємодії між клієнтом і сервером [4]. Такі мережі побудовані за протоколом TCP-IP [5] і можуть передавати інформацію в реальному масштабі часу.

Комп'ютерна мережа. До складу мережі (рис. 1) входять два персональні комп'ютери, на одному з яких реалізована математична модель системи генерування електроенергії синхронною машиною, а на іншому – інтерфейс математичної моделі. Зазначимо, що математична модель у комп'ютерній мережі є сервер, а інтерфейс математичної моделі – клієнт.

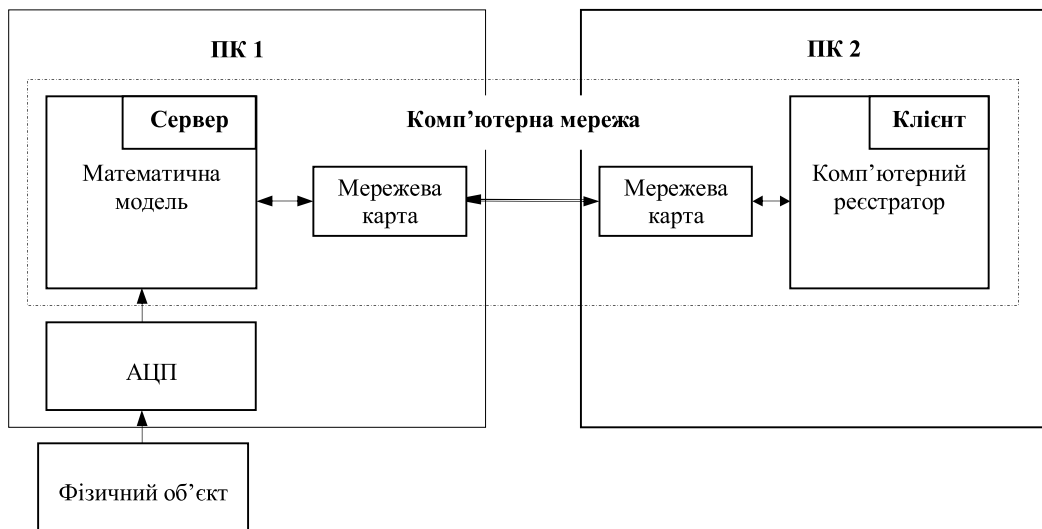


Рис. 1. Структура комп'ютерної мережі

Функціонування сервера забезпечується за допомогою об'єкта ServerSocket і відбувається в такій послідовності: створення сервера, з'єднання клієнта з сервером, після чого одночасно відбуваються дві події: виконання розрахунку математичної моделі і виконання події ServerSocketClientRead (рис. 2, а). В ній реалізується зчитування інформації від клієнта про величини для керування математичною моделлю і величини математичної моделі, які потрібно реєструвати.

Передача пакета даних клієнту відбувається за допомогою методу SendBuf об'єкта ServerSocket, що перебуває в основному циклі розрахунку математичної моделі. Пакет даних для реєстрування результатів розрахунку моделі формують три величини, дві з яких задає користувач, а третя – розрахунковий час моделі.

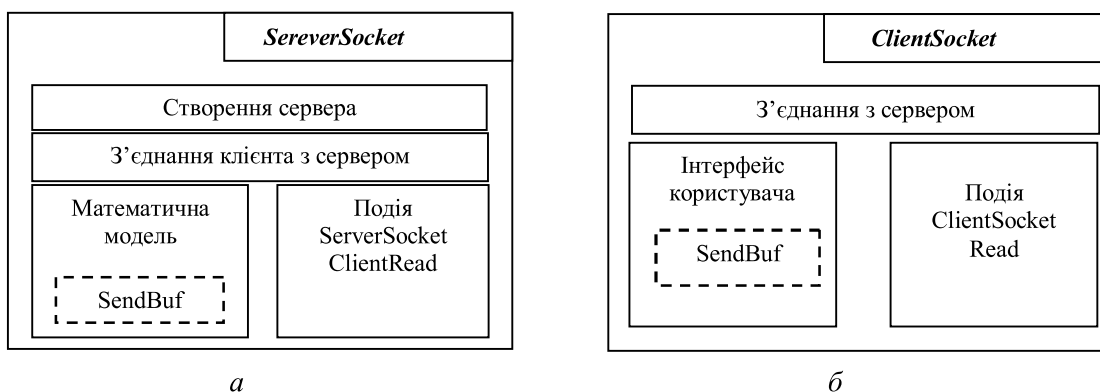


Рис. 2. Програмна реалізація сервера (а) і клієнта (б)

Об'єкт ClientSocket забезпечує роботу клієнта (рис. 2, б), зокрема з'єднання з сервером, відсилання інформації серверу і отримання пакетів даних від сервера. В події ClientSocketRead об'єкта ClientSocket відбувається обробка пакетів даних, надісланих сервером.

Математична модель. Для перевірки запропонованого способу реалізації моделі в комп'ютерній мережі було розроблено експериментальну установку (рис. 3), яка складається з математичної моделі системи генерування електроенергії синхронною машиною з безщітковою системою збудження, фізичного об'єкта (блока регулювання збудження) і інтерфейсу математичної моделі. Математична модель системи генерування електроенергії синхронною машиною, за розрахунковою схемою на рис. 4, реалізована числовим однокроковим методом математичного моделювання електромашинно-вентильних систем [2].

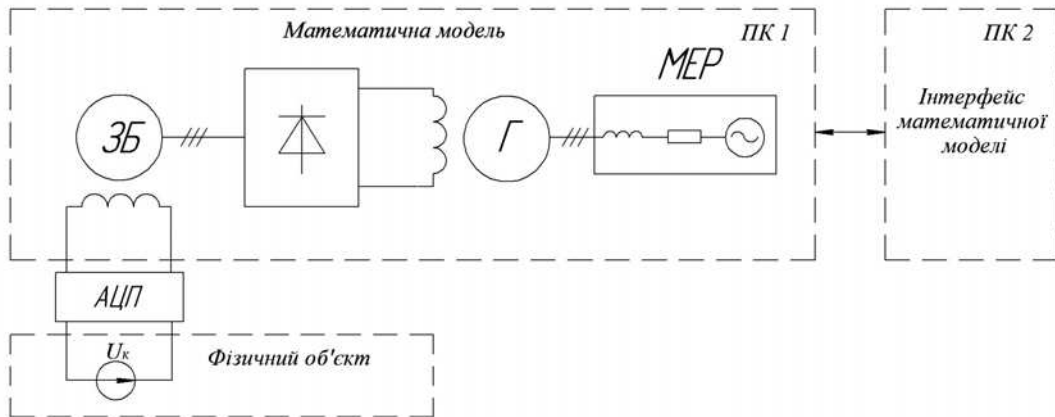


Рис. 3. Схема експериментальної установки

До складу моделі входять об'єктно-орієнтовані моделі структурних елементів: високочастотного збудника ЗБ, генератора Г, випрямляча В, електромережі МЕР.

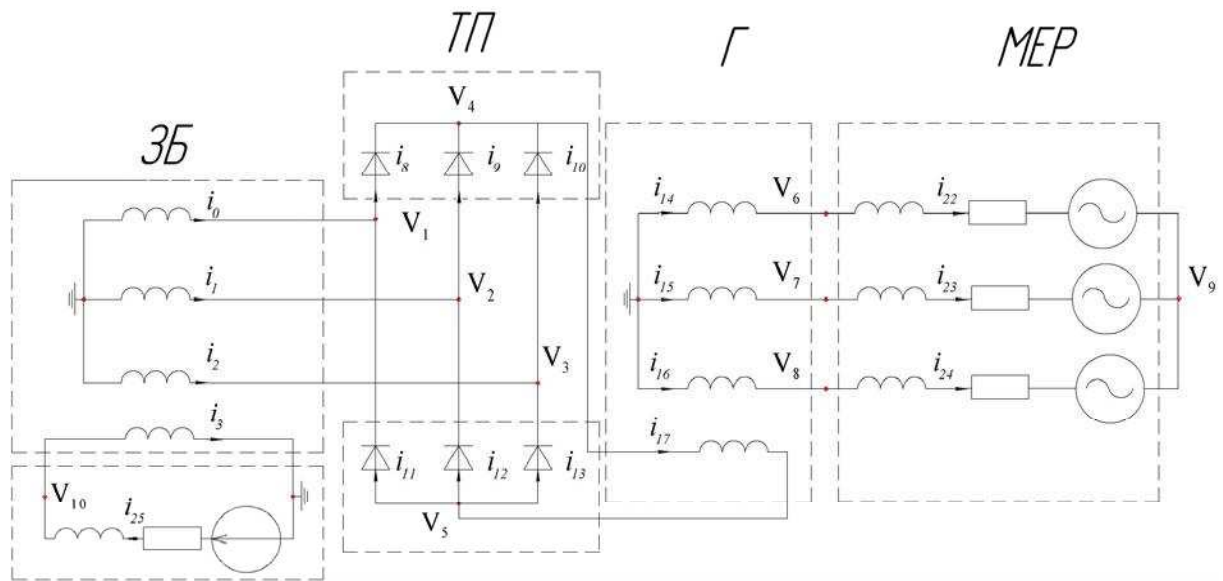


Рис. 4. Розрахункова схема системи генерування електроенергії

Параметри математичної моделі системи генерування електроенергії є такими. Для збудника ЗБ: потужність 214 кВА, робоча індуктивність по осі d – $L_d = 0.0001446$ Гн, індуктивність реакції якоря по осі d – $L_{ad} = 0.0001213$ Гн, індуктивність розсіяння обмотки збудження (приведена до статора) – $L_{\sigma f} = 0.0000746$ Гн, індуктивність нульової послідовності – $L_0 = 0.0000044$ Гн, коефіцієнт приведення струму збудження до струму статора $k_{if} = 0.0083$, активні опори обмоток статора та збудження – $r_s = 0.01$ Ом, $r_f = 2.73$ Ом, момент інерції ротора $J = 1.0625$ тм², номінальний струм збудження $I_{fn} = 15$ А, номінальна частота на виході збудника 500 Гц. Для турбогенератора Г:

напруга на виході турбогенератора $U_r = 10.5$ кВ, потужність 100 МВт, номінальний струм статора $I_r = 6875$ А, номінальний струм збудження $I_f = 1715$ А, $L_d = 0.00536$ Гн, $L_{ad} = 0.0048$ Гн, $L_{\sigma f} = 0.0007578$ Гн, індуктивність демпферної обмотки за осями d і q – $L_{\sigma D} = 0.0005389$ Гн, $L_{\sigma Q} = 0,005389$ Гн, $k_{if} = 0.1$, $L_0 = 0.00000951$ Гн, $r_s = 0.008$ Ом, $r_f = 0.12$ Ом, $J = 10.5$ тн². Параметри МЕР (10 кВ): індуктивність $L = 0.0005$ Гн, активний опір $R = 0.0001$ Ом.

Інтерфейс математичної моделі. Інтерфейс математичної моделі системи генерування електроенергії синхронною машиною дозволяє користувачеві:

- керувати математичною моделлю;
- реєструвати змінні математичної моделі;
- вибрати змінні математичної моделі для реєстрування;
- здійснювати налаштування параметрів візуалізації результатів розрахунку.

Керування математичною моделлю забезпечує запуск і зупинення процесу розрахунку, зміну режимів роботи математичної моделі.

Реєстрація і візуалізація результатів розрахунку математичної моделі системи генерування електроенергії відбувається за допомогою реєстратора (рис. 5), що є складовою частиною інтерфейсу математичної моделі, і в якому передбачена можливість реєстрації таких фізичних величин: струму збудження і струмів статора генератора, струмів генератора по осі q і d, фазних і лінійних напруг статора генератора, струмів і напруг вентилів випрямляча, напруги на виході випрямляча, напруг і струмів лінії електропередач. Він містить два незалежні канали для реєстрації змінних моделі системи генерування електроенергії.

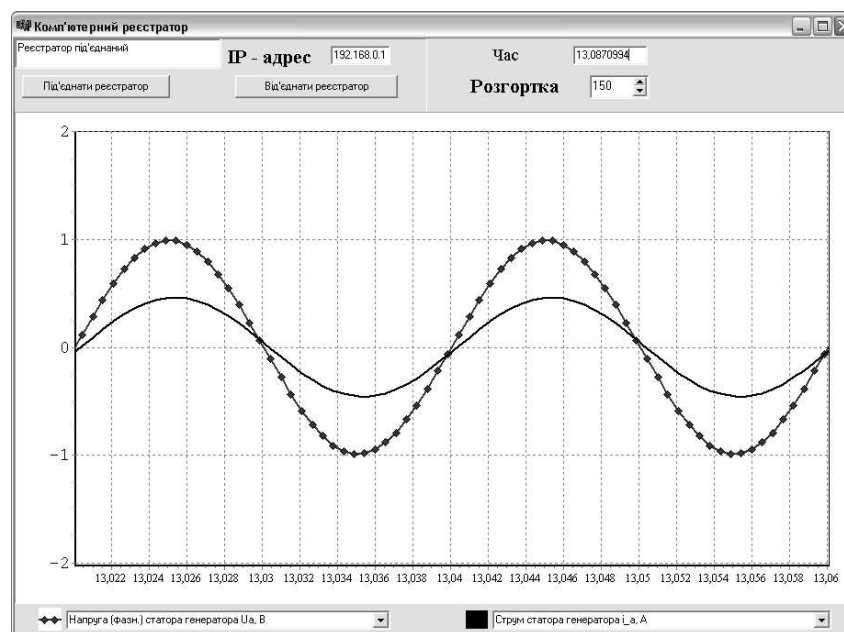


Рис. 5. Вікно візуалізації результатів розрахунку

До особливостей реєстратора потрібно зарахувати можливість зміни користувачем реєстрованих величин в процесі функціонування математичної моделі системи генерування електроенергії. Також передбачена можливість запису у файл величин, що були виведені на інтерфейс комп'ютерного реєстратора. Зазначимо, що виведення інформації на інтерфейс реєстратора відбувається у відносних одиницях.

Результати дослідження. Дослідження роботи математичної моделі системи генерування електроенергії в комп'ютерній мережі здійснювалось у таких режимах роботи системи генерування: режимі програмного початкового збудження, синхронізації і завантаження турбогенератора.

Зауважимо, що регулювання струму збудження збудника здійснювалося за допомогою вхідної карти АЦП і блока регулювання збудження.

Були проведені такі дослідження: регулювання $\cos\phi$ зміною струму збудження (рис. 6), зміна активної складової струму статора генератора зміною потужності турбіни (рис. 7), зменшення струму збудження і переходу в режим качання генератора (рис. 8).

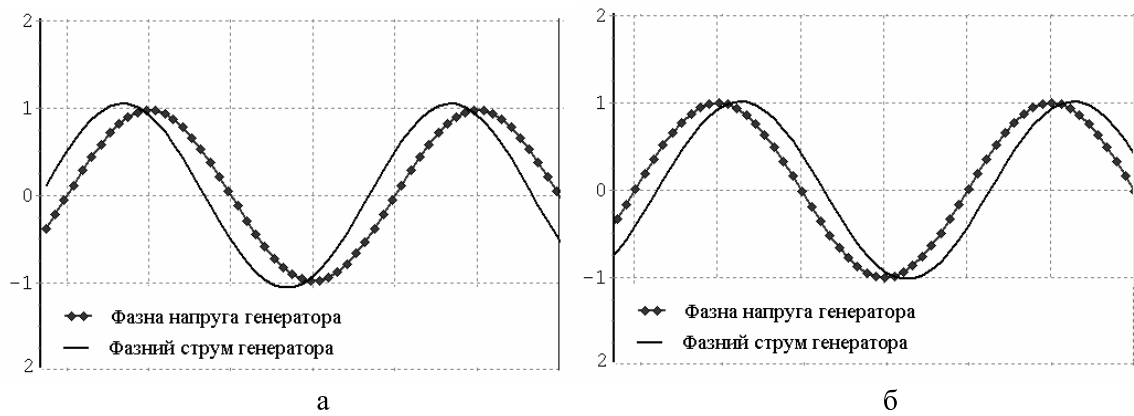


Рис. 6. Фазна напруга і фазний струм незбудженоого (а) і перезбудженого (б) генератора

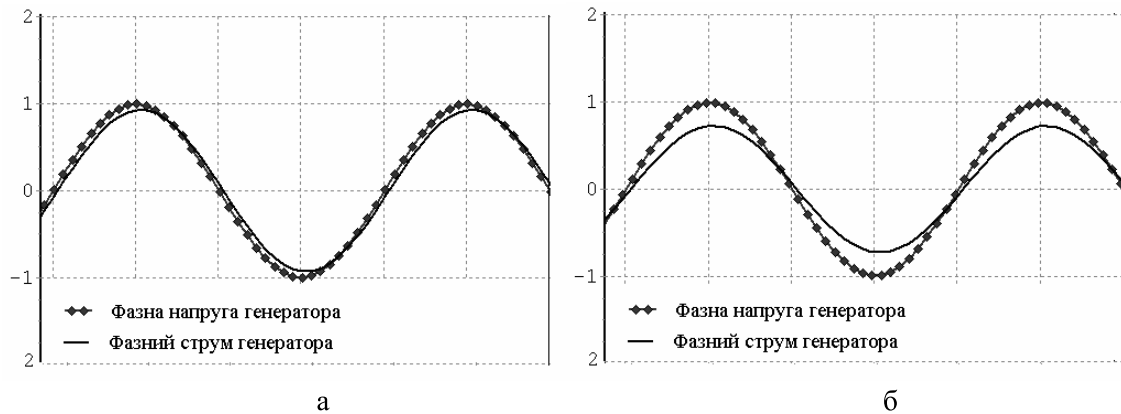


Рис. 7. Фазна напруга і фазний струм генератора для номінальної потужності (а) і для 70 % від номінальності потужності (б)

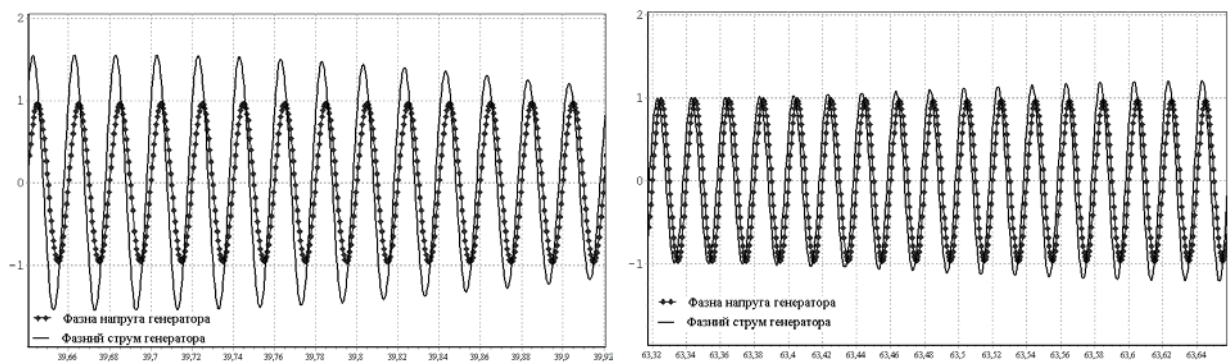


Рис. 8. Фазна напруга і фазний струм генератора для номінальної потужності в режимі качання струму статора генератора

Висновки. 1. Ускладнення завдання математичного моделювання в реальному часі електромашино-вентильних систем вимагає застосування багатокомп'ютерних (багатопроекторних) систем для реалізації математичних моделей. Це дає змогу розділити завдання розрахунку

моделі, керування моделлю і реєстрацію результатів розрахунку, що своєю чергою полегшує умови роботи моделі в реальному часі.

2. Функціонування інтерфейсу математичної моделі системи генерування електроенергії синхронною машиною в комп'ютерній мережі не порушує роботу математичної моделі в реальному часі, про що свідчать результати проведених експериментів.

1. Плахтина О.Г., Куцик А.С. Програмно-технічний комплекс для випробування систем збудження в енергоблоках електричних станцій // *Технічна електродинаміка: Тем. вип. "Проблеми сучасної електротехніки"*. Ч. 6. – 2006. – С. 22–25. 2. Плахтина О.Г. Числовий однокроковий метод аналізу електричних кіл і його застосування в задачах електромеханіки // *Вісн. Нац. тех. ун-ту "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 30. – С. 223–225. 3. Plakhtyna O., Kutsyk A. The computer diagnostics of the excitation systems of synchronous generator // *Proceeding of the International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" TCSET'2006*. – Lviv, 2006. – P. 49–50. 4. Saulnier E.T., Bortscheller B. Data transfer bottlenecks over SPARC-based computer networks // *Proceedings 20th Conference on Local Computer Networks*. – USA1995. – P. 289–295. 5. Wei A., Chen Y., Wu J. Simulation Study of TCP/IP Communication Based on Networked Control Systems // *The Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation*. – 2006. – Vol: 1. – P. 4479–4483,

УДК 621.311.2

Г.М. Лисяк, О.Р. Пастух, О.М. Равлик
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра ЕСМ

РЕЖИМИ ЗОВНІШНІХ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ЕНЕРГОБЛОКА З ДОДАТКОВИМ РОБОЧИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

© Лисяк Г.М., Пастух О.Р., Равлик О.М., 2009

Проведено порівняльний аналіз рівнів напруги на шинах власних потреб енергоблока з додатковим робочим трансформатором власних потреб під час усталених режимів зовнішніх коротких замикань. Наведено результати досліджень для енергоблока електростанції з турбогенератором ТГВ-200М.

The comparative analysis of voltage levels at auxiliary buses of power unit with the additional working auxiliary transformer under internal short circuits is carried out. The results of researches for power unit with power plant turbogenerator ТГВ-200М are given.

Постановка проблеми. Одним з важливих завдань, які виконують під час розроблення нових схем електричної частини енергоблоків (ЕБ) електростанцій (ЕС), є дослідження умов забезпечення надійного живлення електроприймачів власних потреб (ВП).

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що в традиційних схемах електричної частини ЕБ з одним робочим трансформатором власних потреб (РТВП) для запобігання перервам живлення електроприймачів ВП від шин розподільних устав власних потреб (РУВП) першого ступеня трансформації та зменшення їх тривалості під час аварійних режимів застосовують системи