

Висновки. Провали напруги є важливою проблемою якості електроенергії, оскільки вони існують у мережах усіх класів напруг, а їх вплив відчувають усі електроприймачі. Провали напруги можуть спричинити порушення в роботі, які супроводжуються значними матеріальними збитками.

Внаслідок роботи сформульовано основні вимоги до моделей розрахунку характеристик провалів напруги. На прикладі конкретної системи електроспоживання за допомогою опрацьованої авторами моделі здійснено дослідження характеристик та оцінювання допустимості провалів напруги. Це показує, що для обґрунтованого проектування системи електропостачання і вибору відповідних засобів нормалізації провалів напруги необхідним є ретельний аналіз альтернативних рішень з врахуванням чутливості електрообладнання споживачів до провалів напруги.

1. ГОСТ 13109-97. *Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.* 2. EN 50160. *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*, 1999. 3. Карташев И.И. *Задачи обеспечения качества электроэнергии (методы и средства анализа провалов напряжения)* // Вестн. МЭИ. – 1995. – № 3. 4. McGranahan M., Mueller D., Samotyj M. *Voltage Sags in Industrial Systems* // IEEE Transactions on industry applications. – 1993. – No 2, vol. 29. – P. 397–402. 5. Bollen M.J. *Fast Assessment Methods for Voltage Sags in Distribution Systems* // IEEE Transactions on industry applications. – 1996. – No 6, vol. 32. – P. 1414–1423. 6. Bollen M.J., Tayjasanant T., Yalcinkaya G. *Assessment of the Number of Voltage Sags Experienced by a Large Industrial Customer* // IEEE Transactions on industry applications. – 1997. – No 6, vol. 33. – P. 1465–1471.

УДК 621.316.925

В.Г. Гапанович, О.І. Маврін, В.П. Олійник, О.М. Равлик*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕС,
кафедра ЕСМ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОГО КОНТУРУ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗА ПОСТІЙНОЮ СКЛАДОВОЮ НА ДИНАМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СТАТИЧНОГО ТИРИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА

© Гапанович В.Г., Маврін О.І., Олійник В.П., Равлик О.М., 2006

Досліджено вплив додаткового контуру стабілізації на ефективність роботи статичного тиристорного компенсатора.

Influence of additional contour of stabilization is explored on efficiency of work of the static compensating.

Постановка проблеми. У системах електропостачання, що мають в своєму складі потужні тиристорні перетворювачі, зокрема статичні тиристорні компенсатори (СТК), можливе виникнення в струмах постійної складової. Причиною її виникнення є несиметрія імпульсів керування тиристорних перетворювачів, постійна складова струму навантаження (особливо це стосується дугових сталеплавильних печей), аперіодичні складові у разі комутацій навантаження (наприклад, ввімкнення ненавантажених трансформаторів) і аварійні режими перетворювачів спричинені втратою керування одного з плечей тиристорного блока. Постійна складова в струмах силових трансформаторів і реакторів СТК зумовлює їх підмагнічення, що супроводжується значним зростанням струму намагнічення і, як наслідок цього, перегріванням магнітної системи, що недопустимо.

Аналіз останніх досліджень. Досліджень впливу додаткового контуру стабілізації на ефективність роботи СТК за останні роки не знайдено.

Задачі досліджень. Дослідити зв'язок величини коефіцієнта передачі (КП) додаткового контуру стабілізації з ефективністю зменшення постійної складової та динамічними характеристиками СТК.

Виклад основного матеріалу. У системі регулювання статичного тиристорного компенсатора (СТК) для усунення постійної складової застосовується додатковий контур стабілізації. У цьому контурі здійснюється інтегрування параметра регулювання (струм чи реактивна потужність вводу) протягом періоду напруги живлення з метою визначення величини і знака постійної складової струму (реактивної потужності) з подальшим уведенням цього параметра в основний контур регулювання як коригувальної величини.

В алгоритм керування статичного тиристорного компенсатора, що застосовує те чи інше рівняння компенсації [2] входить, залежно від вибраного рівняння компенсації струм чи потужність ємнісної ланки компенсатора. Вимірювання цих параметрів режиму ємнісної ланки прямим методом за допомогою відповідного датчика параметра регулювання (ДПР) не ефективне за рахунок сильного спотворення форми кривої струму ємнісної ланки. Вирішення цього завдання можливе двома методами, які надалі визначатимуть структуру СР СТК. Перший з них базується на вимірюванні параметрів режиму ємнісної ланки непрямым методом через напругу в точці підімкнення ємнісної ланки і її еквівалентний опір. Другий метод ґрунтується на заміні в алгоритмі керування окремо вимірюваних параметрів режиму навантаження і ємнісної ланки компенсатора параметрами режиму, які вимірюються на вводі системи "навантаження – СТК".

Дослідження впливу додаткового контуру стабілізації на ефективність роботи СТК проводили на цифровій моделі [1], яка повністю відображала внутрішню структуру мережі, навантаження, силову частину СТК, структурні схеми регулятора і датчиків параметрів регулювання.

Об'єктом дослідження була система електропостачання дугової сталеплавильної печі (СЕП ДСП), яка була обладнана СТК з регулятором, побудованим за другим методом вимірювання параметрів режиму ємнісної ланки СТК (рис. 1).

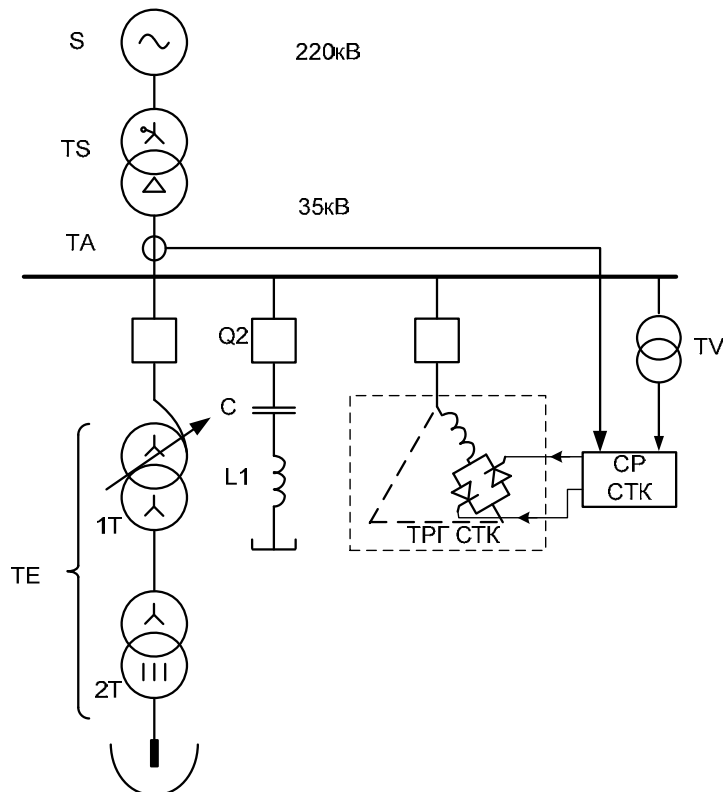


Рис. 1. Система електропостачання дугової сталеплавильної печі:

S – система; *TS* – трансформатор мережі; *TE* – трансформаторний пічний агрегат; *ЕК* – дугова сталеплавильна піч; *C* – шунтова конденсаторна батарея; *L1* – струмообмежувальний реактор; *TA* – трансформатор струму; *TV* – трансформатор напруги; *ТРГ СТК* – тиристорно-реакторна група СТК

Вимірювання параметрів регулювання (ПР) в СР СТК здійснювалося інтегральними давачами струму [3]. Постійна складова в досліджуваній схемі моделювалась однопівперіодним випростуванням в колі навантаження. Під час експериментів вимірювали залишкове значення постійної складової в струмі вводу 35 кВ трансформатора мережі TS (рис. 1) за зміни коефіцієнта передачі (K_p) додаткового контуру стабілізації в межах від 0 до 2. Уніполярне навантаження комутувалося за допомогою тиристорного ключа з частотою 5, 10, 15, 20, 25 Гц, що дало можливість проаналізувати вплив K_p на постійну складову струму вводу в характерному спектрі частот ДСП. Постійну складову струму вводу визначали розкладанням кривої струму в ряд Фур'є, за основною частотою (перша гармоніка), що дорівнює подвійній частоті комутації тиристорного ключа.

Внаслідок досліджень були отримані узагальнені залежності (рис. 2) ефективності зменшення постійної складової в струмі вводу від величини K_p для різних частот комутації.

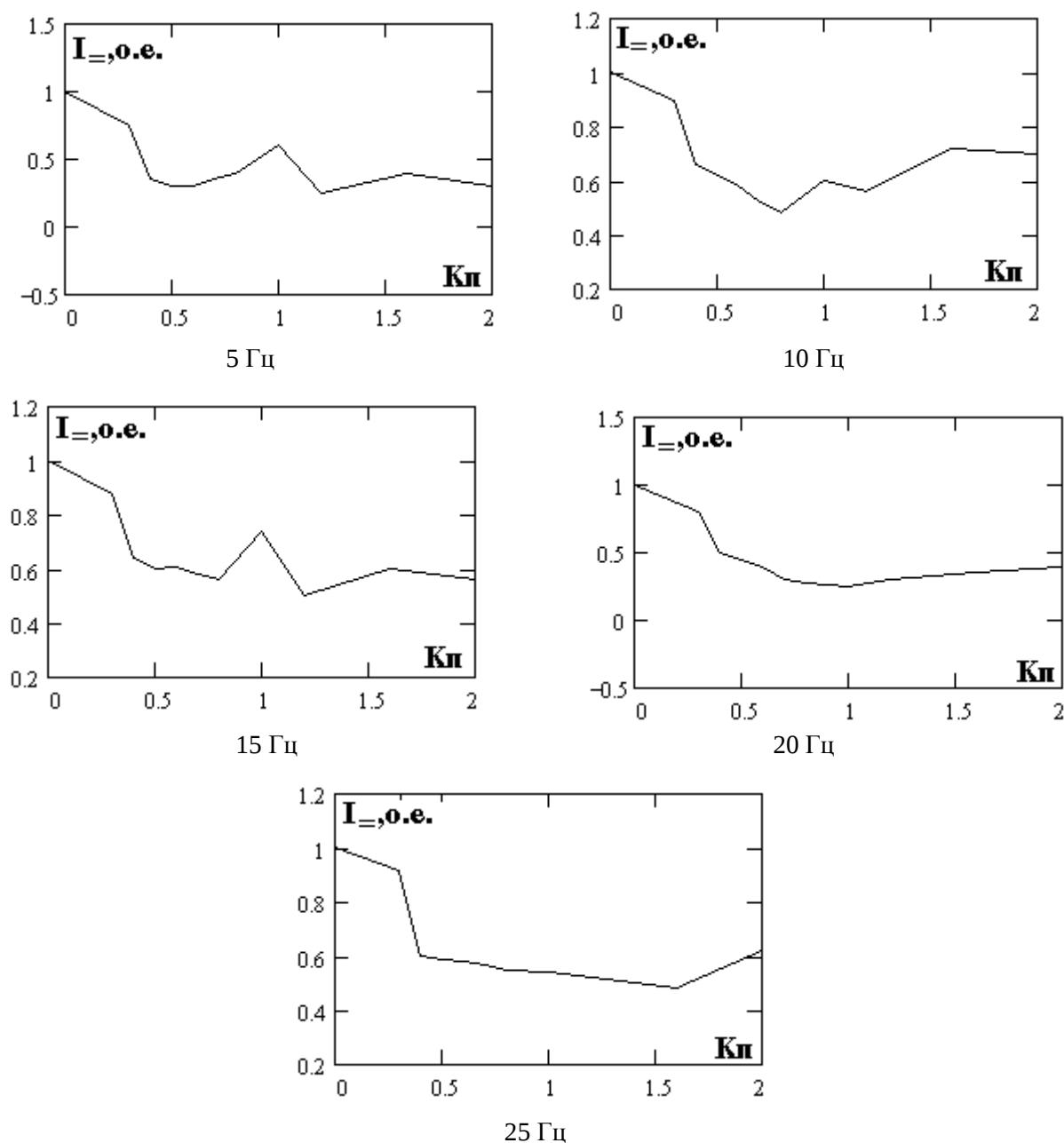


Рис. 2. Усереднене по фазах залишкове значення постійної складової струму вводу, при різних частотах комутації навантаження

Вплив величини Кп на динамічні показники СТК досліджували при частоті комутації навантаження 5 Гц. Внаслідок математичних експериментів були отримані залежності величини Кп від затримки на ввімкнення різних фаз тиристорно-реакторної групи статичного тиристорного компенсатора (ТРГ СТК) при скиді навантаження – рис. 3, а, затримки на вимкнення ТРГ СТК при накиді навантаження – рис. 3, б і залежності амплітуди першого півперіоду лінійних струмів ТРГ СТК при скиді навантаження (СТК збільшує струм ТРГ) – рис. 3, в.

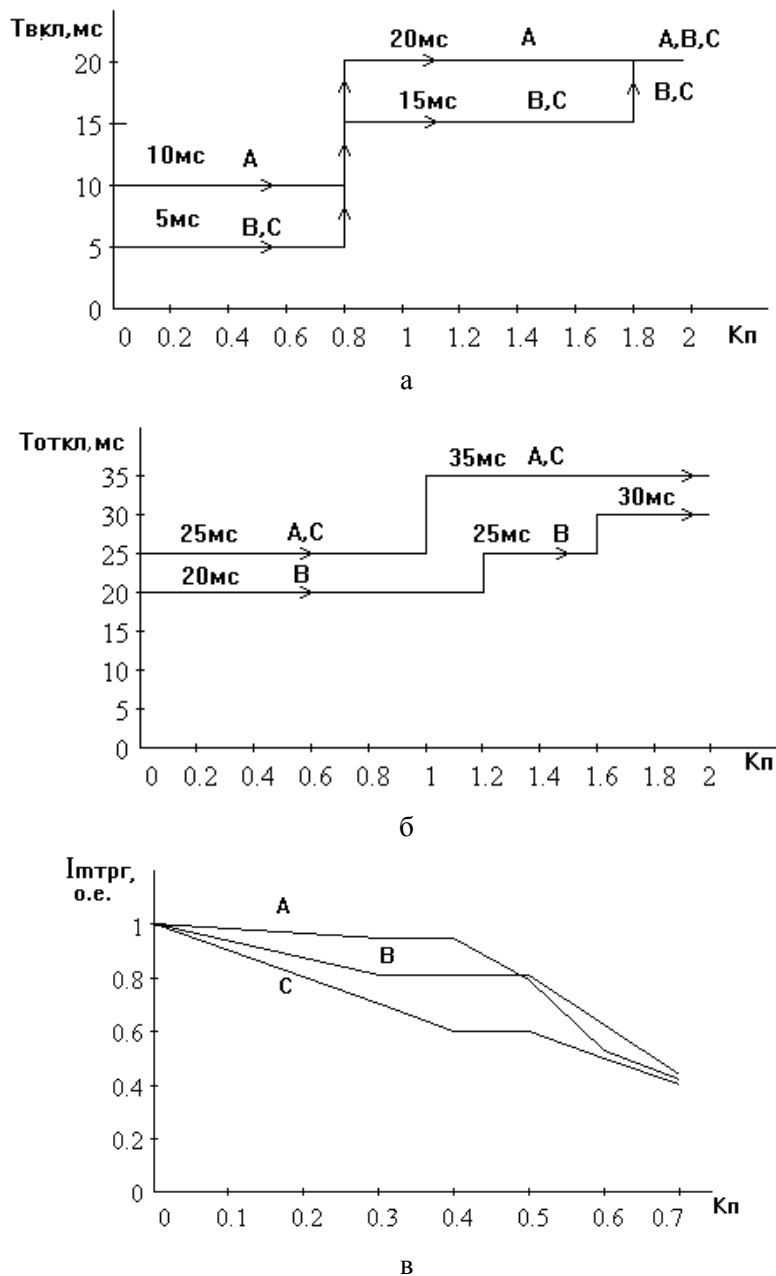


Рис. 3. Динамічні характеристики СТК в функції Кп:
а – затримка на ввімкнення при скиді навантаження; б – затримка на вимкнення при накиді навантаження; в – амплітуда першого півперіоду лінійного струму ТРГ СТК

Аналіз отриманих залежностей показав, що збільшення Кп спричиняє погіршення динамічних показників СТК як на ввімкнення (збільшення струму ТРГ СТК), так і на вимкнення (зменшення струму ТРГ СТК). Збільшення Кп також значно впливає на величину струму ТРГ під час збільшення струму ТРГ СТК. З рис. 2 видно, що в інтервалі значень Кп = 0,4–0,8 спостерігається значне подавлення постійної складової в струмі вводу, а інерційність компенсатора при цих

значеннях K_p практично не міняється – рис. 3. Однак величина струму ТРГ в інтервалі значень $K_p = 0,4\text{--}0,8$ знизилась для фази А з 0,95 до 0,44 в.о. (рис. 3, в), що може погіршити ефективність роботи СТК в динамічних режимах, коли необхідне швидке збільшення струму ТРГ СТК. Критичним значенням K_p , з погляду інерційності СТК, є величина, що дорівнює 0,8, при перевищенні якої затримки на ввімкнення СТК збільшуються з 5 до 15 мс для фаз В і С, і з 10 до 20 мс для фази А.

Висновки. Для квазіусталених режимів роботи змінного навантаження оптимальним як з погляду динамічних, так і з погляду потужнісних показників СТК потрібно вважати величину коефіцієнта передачі додаткового контуру стабілізації, що дорівнює 0,4. Коефіцієнт передачі такої величини забезпечує достатню ефективність зменшення постійної складової в струмі вводу в усьому частотному діапазоні коливань струму навантаження від 5 до 25 Гц зі збереженням потужнісних показників. Так на частоті коливань навантаження, що дорівнює 5 Гц, залишкові значення постійної складової в фазі А струму вводу щодо випадку відсутності в СР СТК додаткового контуру стабілізації становить 0,209 в.о., для частот 10, 15, 20 і 25 Гц – 0,654; 0,607; 0,518 і 0,606 в.о. відповідно. Амплітудні значення першого півперіоду лінійного струму тиристорно-реакторної групи компенсатора при такому значенні коефіцієнта передачі зменшуються до величини 0,95; 0,81 і 0,6 відповідно для фаз А, В, і С ТРГ. Таким чином результати досліджень показали, що наявність додаткового контуру стабілізації збільшує стійкість регулювання СТК, але погіршує при цьому його динамічні характеристики.

1. Равлик О.М., Гречин Т.М., Лисяк Г.М. Програмний комплекс для дослідження електро-технічних систем // Тез. доп. 1-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Математичне моделювання в електро-техніці й електроенергетиці. – Львів, 1995. – 79 с. 2. Варецкий Ю.Е., Кенс Ю.А., Гапанович В.Г. Быстродействующая фазная компенсация несимметричных нагрузок статическими компенсаторами // Техническая электродинамика. – 1987. – № 3. – С. 51–57. 3. Варецкий Ю.Е., Гапанович В.Г., Кенс Ю.А. Датчики параметров регулирования статических тиристорных компенсаторов // Вестн. Львов. политехн. ин-та. – 1986. – № 204. – С. 10.