

УДК 621.311.018.001.5

Л.О. Никонець, Д.М. Сіваков

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електричних станцій

ВИМОГИ ДО РЕГУЛЯТОРА СТАТИЧНОГО КОМПЕНСАТОРА ПРЯМОГО РЕГУЛЮВАННЯ

© Никонець Л.О., Сіваков Д.М., 2003

Наведені технічні вимоги до регулятора статичного компенсатора реактивної потужності прямого регулювання.

Characteristics to a regulator of the static equaliser of jet capacity of direct regulation are submitted.

Постановка проблеми

Розроблені в Національному університеті «Львівська політехніка» принципи створення компенсаторів реактивної потужності (КРП) прямого регулювання [1] дозволили запропонувати високоефективні, дешеві технічні рішення, перевагою яких є значне зменшення потужності регулятора.

Аналіз останніх досліджень

Принципи розроблення компенсаторів, де регулювальним трансформатором використовуються стандартні лінійні регулювальні агрегати, розглянуто в [2]. В [3] наведено обґрунтування комплексу технічних засобів, який забезпечує надійність роботи регульованого джерела реактивної потужності.

Ціль статті

Необхідно сформулювати технічні вимоги до регулятора КРП на базі лінійних регуляторів.

Виклад основного матеріалу

Технічні вимоги до регулятора КРП

за умовами нормальних експлуатаційних режимів

Частково попит у регуляторах енергосистемами буде задовольнятися за рахунок наявних в експлуатації вольтододатних трансформаторів (ВДТ) та лінійних регуляторів (ЛР). Проведений аналіз для енергосистем України та СНД показав, що джерелом живлення регулятора можна розглядати шини 35, 10 та 6 кВ підстанції. Потужність, що видається через один регулятор на шини 6–35 кВ підстанції не перевищує 15 Мвар. З урахуванням зазначеного можна зробити висновок про необхідність серійного впровадження однієї базової моделі регулятора.

При серійному впровадженні базової моделі регулятора можливі модифікації мають бути здійснені без корінної переробки базової моделі за рахунок заміни окремих вузлів. Тобто пропонується збуджуючу обмотку регулятора проектувати на номінальну потужність 15 Мвар з двома модифікаціями номінальних напруг 11 та 38,5 кВ.

Вихідні параметри регулятора мають бути узгоджені за номінальним струмом з номінальним струмом стандартних блоків шунтових конденсаторних батарей (ШКБ) або шунтуючих реакторів, а по максимальній напрузі – з необхідним діапазоном регулювання КРП.

Номинальні струми трифазних шунтуючих реакторів не перевищують 332 А (РТМ-6,6 кВ). Номинальні струми однофазних реакторів (якщо виключити реактор РОД-38,5 кВ) не перевищують 475 А.

Номинальні струми ШКБ на базі блоків з конденсаторами КС-1,05-60 дорівнюють 212 А, а з конденсаторами КСКГ-1,05-125-444 А. З зазначеного вище випливає, що має сенс розглянути можливість виконання двох модифікацій регулятора на вихідні номинальні струми 300 та 500 А.

На вибір номинальної потужності регулятора може суттєво вплинути тип перемикаючого пристрою РПН. Відомо, що вартість трансформатора з РПН суттєво вища від вартості такого трансформатора без РПН. Практично вартості РПН та трансформатора співвимірні.

Для всіх типів лінійних регуляторів використовується перемикаючий пристрій типу РНТ-20А-325/35 з номинальним струмом 625 А та номинальною напругою 35 кВ, що відповідає можливій потужності регулювальної обмотки трансформатора 37,9 МВА. За необхідності можна орієнтуватись на РПН типу РНТР-35/1000 В -20Г-81, що дозволяє довести потужність регулювальної обмотки до 60,6 МВА.

Враховуючи можливі РПН з урахуванням перспективи та обмеженої кількості типорозмірів, вважаємо можливим прийняти діапазон регулювання $\pm 38,5$ кВ з загальною кількістю ступенів – 23.

На вибір необхідних параметрів регулятора можуть впливати такі додаткові міркування: питома вартість нерегульованого трансформатора суттєво нижча від питомої вартості конденсаторних батарей. Враховуючи це для розширення можливої галузі застосування регулятора, має сенс прийняти за основу параметри пристрою РПН, а потужності обмоток збільшити порівняно з мінімально необхідними значеннями. Це дозволяє використовувати регулятор за необхідності як трансформатор топлення ожеледі, як резервний трансформатор зі стандартним коефіцієнтом трансформації або для регулювання потужності, що споживається реакторами ПЛ 330–1150 кВ.

Технічні вимоги до регулятора КРП за умовами аварійних режимів

Як зазначено в [1], найнебезпечнішим для поздовжньої ізоляції регулятора режимом є коротке замикання на шини підстанції, до яких під'єднані виводи ШКБ. При цьому вся напруга конденсаторної батареї $U + \Delta U_i$ миттєво прикладається до регулювальної обмотки. Фактично спостерігається дія на ізоляцію регулятора прямокутної хвилі, яка викликає коливальний процес в обмотках [4, 5]. Кратність перенапруг по відношенню до номинальної напруги ΔU_i ступеня регулятора дорівнює (для $t=0$)

$$K_n = \frac{|\dot{U} + \Delta \dot{U}_i|}{|\Delta \dot{U}_i|} = \frac{1}{\Delta U_{i*}} \pm 1, \quad (1)$$

з урахуванням роботи швидкодіючого високовольтного короткозамикача (ШДВК)

$$K_n = \frac{|\dot{U} + \Delta \dot{U}_i| \frac{\Delta U_{\max}}{U + \Delta U_{\max}}}{|\Delta \dot{U}_i|} = \left(\frac{1}{\Delta U_{i*}} \pm 1 \right) \frac{1}{\Delta U_{\max} + 1}. \quad (2)$$

Кількісний аналіз (1) та (2) показав, що значення K_n при невеликих величинах $|\Delta \dot{U}_i|$ можуть досягати небезпечних значень. Для подальшого зменшення K_n при $t = 0$ послідовно з ємністю x_{c2} ШКБ пропонується вмикати додаткові індуктивності реакторів високочас-

тотних загороджувачів. Тоді значення K_n , знайдені згідно з (1) та (2), необхідно помножити на коефіцієнт $\frac{L_{рег\Sigma}}{L_{рег\Sigma} + L}$, де $L_{рег\Sigma}$ та L – відповідно сумарні індуктивності розсіювання регулятора та додаткових реакторів.

На допустиме значення K_n суттєво впливає прийнята принципова схема регулятора. Принципова схема регулятора типу ТДНЛ показана на рис. 1.

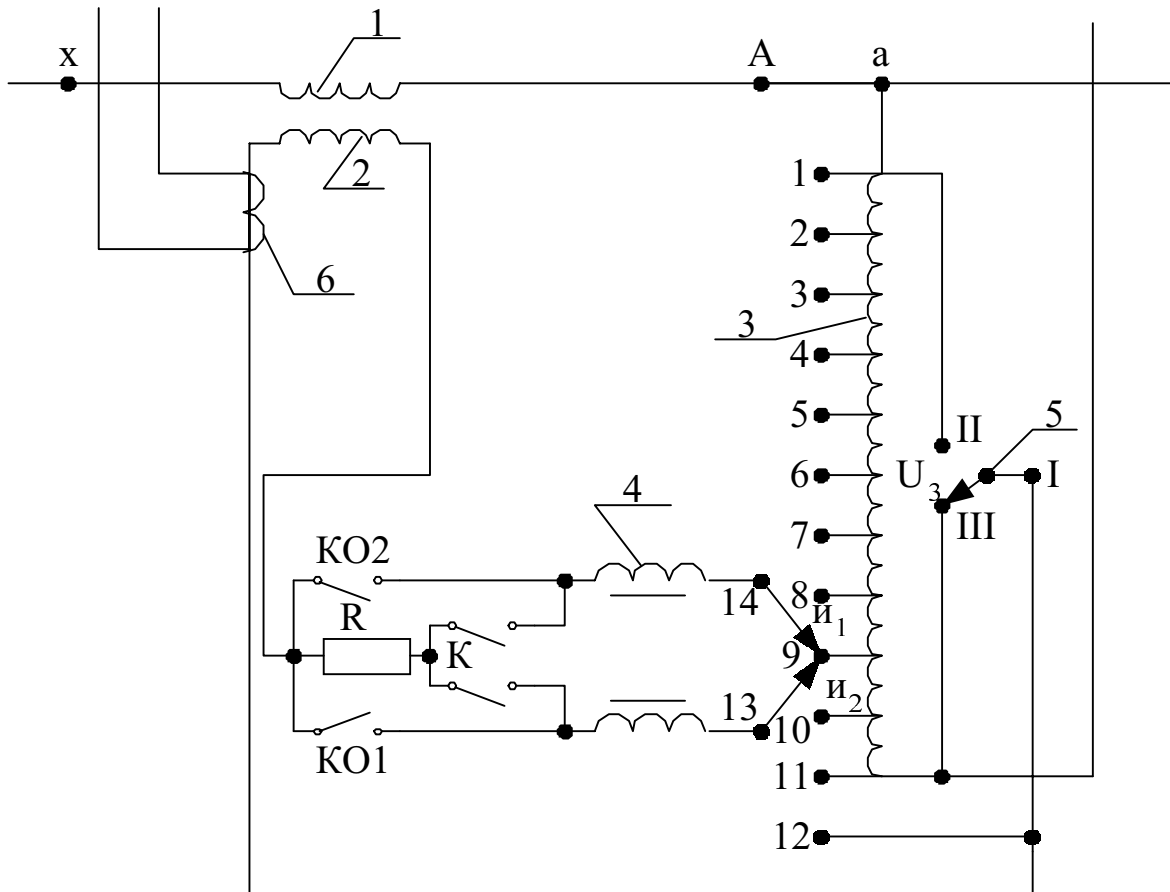


Рис. 1. Принципова схема обмоток однієї фази (фаза А) лінійного регулятора:
 1 – послідовна обмотка послідовного трансформатора; 2 – збуджуюча обмотка послідовного трансформатора; 3 – регульовальна обмотка автотрансформатора; 4 – реактор; 5 – реверсор; 6 – трансформатор струму в колі збуджуючої обмотки; R – опір; KO – основні контакти; K – контакт дугогасіння; И – рухомі контакти

Лінійний регулятор типу ТДНЛ складається з послідовного трансформатора з послідовною (1) та збуджуючою (2) обмотками, пристрою РПН та автотрансформатора з регульовальною обмоткою (3). Хвиля перенапруг прикладається до обмотки 1. Як слідує з [4, 5] складовою напруги, що передається з обмотки 1 до закороченої обмотки 3 ємнісним шляхом, можна знехтувати, а складову напруги, що передається магнітним шляхом зменшиться пропорційно відношенню індуктивності розсіювання автотрансформатора 3 до індуктивності розсіювання всього регульовального апарата.

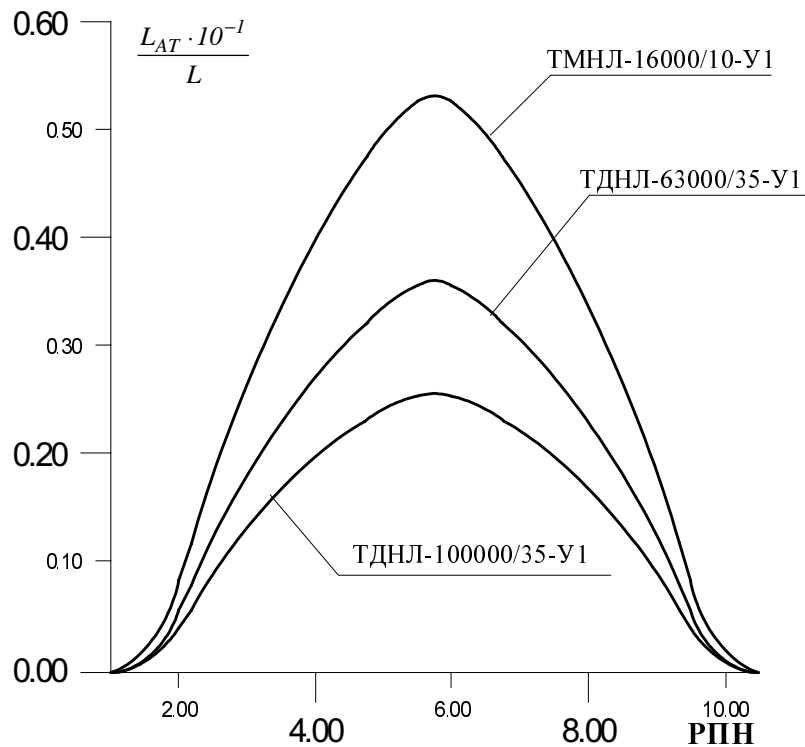


Рис. 2. Залежність відношення $\frac{L_{AT}}{L_{\Sigma}}$ індуктивності розсіювання автотрансформатора до індуктивності розсіювання всього регульовального агрегату від положення РПН

На рис. 2 зображені графіки зміни відношення $\frac{L_{AT}}{L_{\Sigma}}$ індуктивності розсіювання автотрансформатора до індуктивності розсіювання всього регульовального апарату для всіх типів лінійних регуляторів, що виробляються, від положення РПН. З цих графіків випливає, що хвиля перенапруг, яка діє на поздовжню ізоляцію автотрансформатора лінійного регулятора знайдена по (1), (2) множенням K_n на коефіцієнт $\frac{L_{AT}}{L_{\Sigma}}$ зменшується при малих значеннях ΔU_i в декілька сотен разів і не може бути небезпечною для автотрансформатора 3. Отже, для схеми рис. 1 умови роботи поздовжньої ізоляції послідовної обмотки послідовного трансформатора 1 будуть визначати загальну надійність агрегату.

При використанні регулятором вольтододатного трансформатора типу ВРТДНУ вся хвиля перенапруг прикладається до невеликої частини регульовальної обмотки і може викликати виткове замикання обмотки. Враховуючи це, можна зробити висновок, що схема рис. 1 є найбільш бажана для умов роботи регулятора в складі КРП.

Якщо прийняти номінальну (лінійну) напругу послідовної обмотки послідовного трансформатора 1 рис. 1 такою, що дорівнює 38,5кВ, то отримуємо розрахункову кратність перенапруг (при $t=0$) згідно з (1) $K_n = \frac{|\dot{U} + 38.5|}{|38.5|}$, а з урахуванням роботи ШДВК (2) $K_n = 1$.

Значення K_n встановлюють вимоги до поздовжньої ізоляції послідовної обмотки послідовного трансформатора 1 схеми рис.1, якщо не приймати згаданих вище додаткових заходів щодо згладжування фронту хвилі та зменшення її амплітуди.

Висновки

З огляду на сформульовані вище технічні вимоги до регуляторів можна зробити висновок про доцільність розробки двох модифікацій: для компенсаторів, що приєднані до шин 10 кВ – на базі пристрою РПН типу РНТР-35/1000В-20Г-81 з номінальними параметрами за напругою 38,5 кВ, та струмом – 285А; для компенсаторів, що приєднані до шин 35 кВ – на базі пристрою РПН типу РНТ-20А-625/35 з номінальними параметрами за напругою 38,5 кВ, та струмом – 625А.

1. *Статические компенсаторы реактивной мощности прямого регулирования и их режимы / Под ред. А.Ф. Дьякова и Л.А. Никонца. – М., 1990. – 170 с.* 2. *Никонець Л.О., Кульбіков В.М., Сіваков Д.М. Розвиток принципів розроблення статичних компенсаторів на основі регулювання напруги на статичному елементі // Вісн. Інженерної академії наук України. – 2000. – № 2.* 3. *Сіваков Д.М., Шелех Ю.Л. Аналіз аварійних режимів статичного компенсатора прямого регулювання на базі лінійного регулятора // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2001. – № 435. – С. 130–134.* 4. *Геллер Б., Веверка А. Волновые процессы в электрических машинах. – М., 1960. – 631 с.* 5. *Техника высоких напряжений / Под ред. Д.В. Разевига. – М., 1964. – 472 с.*

УДК 621.365.2+621.311.1

Я.С. Паранчук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електропривода і автоматизації промислових установок

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЕННЯ У ПЛАВИЛЬНОМУ ПРОСТОРІ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

© Паранчук Я.С., 2003

Запропоновано схемотехнічні рішення для стабілізації потужності дуг у дуговій сталеплавильній печі. Подається функціональна блок-схема системи регулювання електричного режиму печі з контуром регулювання потужності дуги, методика оцінки показників якості стабілізації потужності дуг та результати комп'ютерного симулювання електричного режиму дугової сталеплавильної печі, оптимізованого за критерієм мінімуму середньої квадратичної похибки регулювання потужності дуги.

Schematic decisions for digital arc furnace current stabilization are proposed. Block scheme of furnace control system with power regulation contour and method for estimating arc power stabilization quality are given. The paper also presents results of arc electrical mode computer simulation. Electric mode is optimized by criterion of minimal average quadratic error of arc power.

Постановка проблеми

Однією з головних задач керування процесом електросталеплавлення у дуговій сталеплавильній печі (ДСП) є реалізація рівномірного процесу введення електричної енергії у плавильний простір, параметри якого відповідають вибраній технології плавлення певної