

вольт-амперних характеристик тіла людини за дослідними даними, знятими у безпечному діапазоні напруг // *Энергетика и электрификация*. – 2003. – №5. 12. Никонець Л.О., Маліновський А.А., Лисяк Г.М., Феценко П.П., Комаров В.І. Вольт-амперні характеристики тіла людини на змінній напрузі довільної частоти та методика визначення параметрів тіла // *Вісник Інженерної академії України*. –1999. – № 2–3. – С. 52–54.

УДК 621.311.018.001.5

Л. Никонець, Д. Сіваков, О. Сівакова
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електричних станцій

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЕЛЕМЕНТІВ РЕГУЛЯТОРА СТАТИЧНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПРЯМОГО РЕГУЛЮВАННЯ

© Никонець Л., Сіваков Д., Сівакова О., 2005

Characteristics to a regulator of the static equalizers 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] дали змогу запропонувати високоефективні, дешеві технічні рішення, перевагою яких є значне зменшення потужності регулятора. Розроблені компенсатори на базі вольтододатних трансформаторів типу ВРТДНУ-240000/35/35/-72У1 успішно пройшли дослідно-промислові перевірки в ВАТ “Новосибірськєнерго” та “Оренбургєнерго”. Оскільки вольтододатні трансформатори типу ВРТДНУ-240000/35/35/-72У1 зняті з виробництва, актуальним є створення нового регульовального трансформаторного агрегата спеціально для компенсаторів прямого регулювання.

Аналіз останніх досліджень. Принципи розроблення компенсаторів, де як регульовальні трансформатори використовуються стандартні лінійні регульовальні агрегати, розглянуто в [2]. В [3] наведено обґрунтування комплексу технічних засобів, які забезпечують надійність роботи регульованого джерела реактивної потужності. В [4] наведено загальні технічні вимоги до регулятора статичного компенсатора реактивної потужності, але відсутні технічні вимоги до його основних елементів.

Завдання досліджень. Проаналізувати різницю умов роботи регулятора напруги у складі компенсатора від регулятора загального призначення та сформулювати технічні вимоги до його основних елементів.

Технічні вимоги до елементів регулятора. В [4] обґрунтовано принципову схему регулятора напруги, який складається з послідовного трансформатора та регульовального автотрансформатора (рис. 1).

Технічні вимоги до параметрів послідовного трансформатора. Коефіцієнт трансформації послідовного трансформатора агрегата визначається як

$$K_{T\text{ ПТ}} = \frac{38,5}{U_{\text{ном.збуд.рег.}}} \quad (1)$$

Номінальна потужність регулятора

$$S_{\text{ном}} \leq \sqrt{3} U_{\text{ном.збуд.рег.}} \cdot I_{\text{ном РПН}} \quad (2)$$

де $I_{\text{ном РПН}}$ – номінальний струм пристрою РПН, що випускається промисловістю.

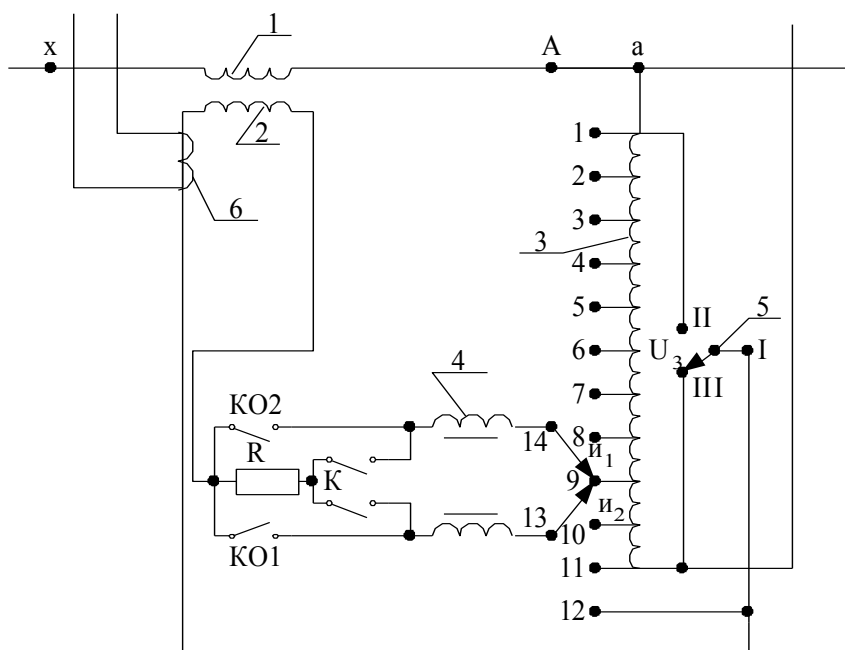


Рис. 1. Принципова схема обмоток однієї фази (фаза А) лінійного регулятора:

1 – послідовна обмотка послідовного трансформатора; 2 – збуджувальна обмотка послідовного трансформатора; 3 – регулювальна обмотка автотрансформатора; 4 – реактор; 5 – реверсир; 6 – трансформатор струму в колі збуджувальної обмотки; R – опір; КО – основні контакти; К – контакт дугогасіння; II – рухомі контакти

Отже (орієнтуючись на параметри РНТ-20А-625/35), для номінальних напруг джерела живлення 38,5 і 11 кВ номінальні потужності $S_{ном}$ відповідно дорівнюють 41,6 і 11,9 МВА. Якщо $S_{ном}$ для $U_{ном.збуд.рег.}$, що дорівнює 38,5 кВ, достатньо, то для $U_{ном.збуд.рег.}$, що дорівнює 11 кВ, – недостатньо. Для номінальної напруги джерела живлення 11 кВ рекомендуємо використовувати РПН типу РНТР-35/1000В-20Г-81, тоді $S_{ном}$ збільшується до 19 МВА, що цілком достатньо. За таких умов номінальний струм послідовної обмотки трансформатора при живленні регулятора від шин 11 кВ дорівнює 285 А, а при живленні від шин 38,5 кВ – 625 А.

Технічні вимоги до параметрів автотрансформатора регулятора. Принциповою відмінністю умов роботи регулятора напруги в схемах КРП від умов роботи регулятора напруги (ЛРТ, ВДТ) загального призначення є чітко задана для установки з конкретними параметрами залежність величини навантаження регулятора від положення РПН. Якщо параметри послідовного трансформатора не залежать від положення РПН і повинні вибиратися за максимальним навантаженням, то параметри обмотки регулювального автотрансформатора повинні вибиратися з урахуванням зазначеної відмінності. Для визначення максимальних розрахункових струмів для витків регулювального автотрансформатора розглянемо розрахункову схему, показану на рис. 2.

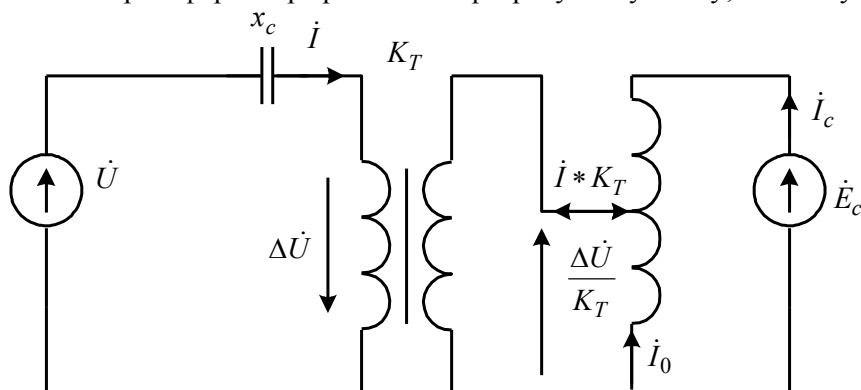


Рис. 2. Розрахункова схема для знаходження струмів в обмотці автотрансформатора регулятора

Режими схеми можна описати такою системою рівнянь:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U} + \Delta \dot{U}}{-jx_c}; \quad \dot{I} \cdot k_T = \dot{I}_c + \dot{I}_0; \quad \frac{\Delta \dot{U}}{k_T} = \dot{E}_c \cdot k_{AT}; \quad \dot{I}_0 \cdot k_{AT} = \dot{I}_c (1 - k_{AT}), \quad (3)$$

де $0 \leq k_{AT} \leq 1$.

Розв'язання системи (3) відносно струмів в обмотці автотрансформатора дає такі залежності:

$$\dot{I}_c = \frac{\dot{U} \cdot k_T \cdot k_{AT} + \dot{E}_c \cdot k_{AT}^2 \cdot k_T^2}{-jx_c}; \quad (4)$$

$$\dot{I}_0 = -\dot{I}_c \frac{1 - k_{AT}}{k_{AT}} = \frac{(1 - k_{AT})(\dot{U} \cdot k_T + \dot{E}_c \cdot k_{AT} \cdot k_T^2)}{-jx_c}. \quad (5)$$

З аналізу залежності (4) випливає, що для заданих параметрів схеми і регулятора $\dot{I}_c = f(k_{AT})$:

$$\dot{I}_c = \dot{a} \cdot k_{AT} + \dot{b} \cdot k_{AT}^2, \quad \text{де } \dot{a} = \frac{\dot{U} \cdot k_T}{-jx_c}, \quad \dot{b} = \frac{\dot{E}_c \cdot k_T^2}{-jx_c}; \quad (6)$$

$$\dot{I}_0 = \dot{a} + (\dot{b} - \dot{a})k_{AT} - \dot{b} \cdot k_{AT}^2. \quad (7)$$

Функція $\dot{I}_c$ має мінімум при $k_{AT} = -\frac{a}{2b}$, а функція $\dot{I}_0$ має максимум при $k_{AT} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{a}{b} \right)$.

На рис. 3 і 4 показано залежності $\dot{I}_c$ і $\dot{I}_0$ для двох граничних випадків регулювання КРП з $U_{\text{лін}} = 38,5$ кВ, $x_c = 220$ Ом (рис. 3) та з $U_{\text{лін}} = 121$ кВ, $x_c = 439$ Ом (рис. 4) при $E_{\text{с.лін}} = 38,5$ кВ.

Заштриховані ділянки графіків відповідають найбільшим значенням струмів, що протікають через певні витки обмотки автотрансформатора, тому що кожному значенню k_{AT} в межах 0–1 відповідає певний виток обмотки, до якого у цьому режимі підключений пристрій РПН.

Як бачимо з рис.3 і 4, значення граничних струмів у витках обмотки істотно відрізняються, що в принципі дає можливість проектувати витки обмотки з різним перерізом провідника і тим самим – зменшити вагу і витрати на обмотку автотрансформатора. Оскільки між величиною розрахункового струму і перерізом провідника існує прямопропорційна залежність, економічний ефект від зменшення витрат матеріалів можна оцінити за відношенням середнього еквівалентного розрахункового струму до максимального розрахункового струму обмотки $\frac{I_{\text{сер.екв.}}}{I_{\text{с.макс}}}$.

Для визначення $I_{\text{сер.екв.}}$ додамо площі, обмежені графіком I_0 у межах $0 \leq k_{AT} \leq 0,5$, і графіком I_c у межах $0,5 \leq k_{AT} \leq 1$:

$$I_{\text{сер.екв.}} = \int_0^{0,5} [-b \cdot k_{AT}^2 + (b - a)k_{AT} + a] dk_{AT} + \int_{0,5}^1 (a \cdot k_{AT} + b k_{AT}^2) dk_{AT} = 0,75a + 0,375b. \quad (8)$$

Як випливає з (6), максимальне значення струму $I_c = a + b$ має місце при $k_{AT} = 1$.

Отже,

$$I_{\text{сер.екв}*} = \frac{I_{\text{сер.екв.}}}{I_{\text{с.макс}}} = \frac{0,75a + 0,375b}{a + b}. \quad (9)$$

Для першого граничного випадку регулювання КРП (рис. 3) $a=b$, тоді

$$I_{\text{сер.екв}*} = \frac{0,75 + 0,375}{2} = 0,563.$$

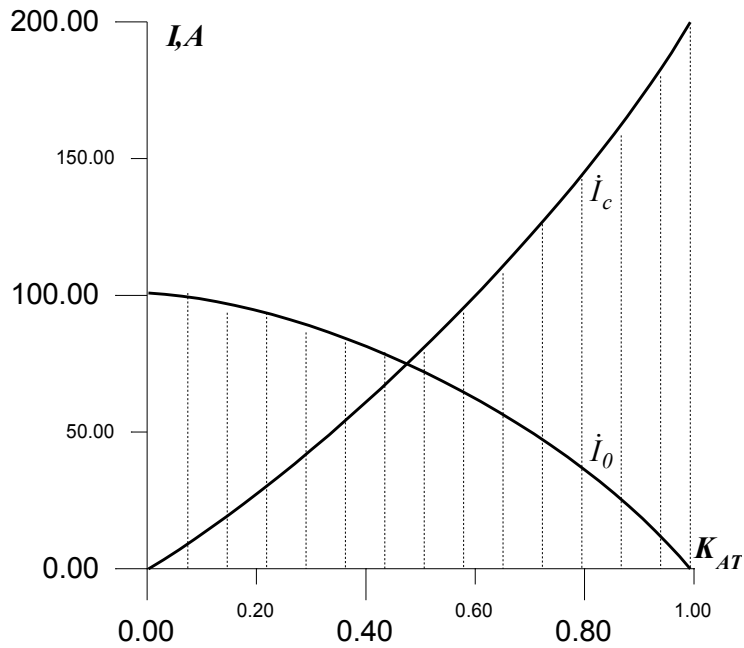


Рис. 3. Залежність струмів в обмотці автотрансформатора регулятора ($U_{c\text{лін}} = 38,5 \text{ кВ}$; $x_c = 220 \text{ Ом}$)

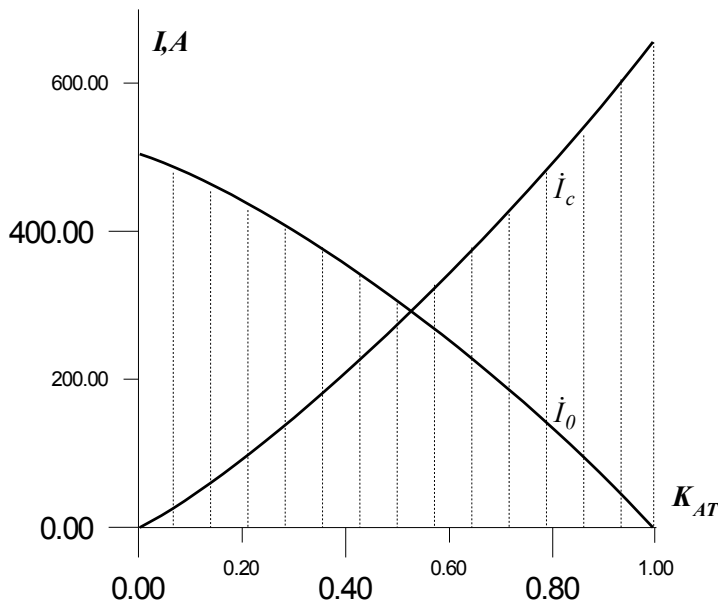


Рис. 4. Залежність струмів в обмотці автотрансформатора регулятора ($U_{c\text{лін}} = 121 \text{ кВ}$; $x_c = 439 \text{ Ом}$)

Для другого граничного випадку регулювання КРП (рис. 4) $a = 159 \text{ А}$, $b = 50,6 \text{ А}$. Тоді

$$I_{\text{сер.екв}^*} = \frac{0,75 \cdot 159 + 0,375 \cdot 50,6}{159 + 50,6} = 0,659.$$

В усіх проміжних випадках $0,563 \leq I_{\text{сер.екв}^*} \leq 0,659$, а витрати матеріалів скорочуються у 1,5–1,78 рази.

Висновки. 1. Обґрунтовано елементний склад регулятора, сформульовано технічні вимоги до послідовного трансформатора та автотрансформатора.

2. Показано, що принциповою відмінністю в умовах роботи регулятора КРП від регулятора загального призначення є чітко задана для конкретних параметрів компенсатора залежність між

струмом регулятора і положенням його РПН. Врахування цього чинника дає змогу знизити витрати матеріалів на виготовлення автотрансформатора регулятора приблизно у 1,5–1,78 раза.

1. *Статические компенсаторы реактивной мощности прямого регулирования и их режимы* / Под ред. А.Ф. Дьякова и Л.А. Никонца. – М., 1990. 2. Никонець Л.О., Кульбіков В.М., Сіваков Д.М. Розвиток принципів розроблення статичних компенсаторів на основі регулювання напруги на статичному елементі // *Вісник Інженерної академії наук України*. – 2000. – №2. – С.31–36. 3. Сіваков Д.М., Шелех Ю.Л. Аналіз аварійних режимів статичного компенсатора прямого регулювання на базі лінійного регулятора // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Електроенергетичні та електромеханічні системи”*. – 2001. – №435. – С.130–134. 4. Никонець Л.О., Сіваков Д.М. Вимоги до регулятора статичного компенсатора реактивної потужності прямого регулювання // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Електроенергетичні та електромеханічні системи”*. – 2003. – №479. – С.137–140.

УДК 621.365.3.036.7: 621.07.014

І. Труфанов, В. Метельський, І. Андріяс, Л. Богданова
Запорізький національний технічний університет

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯМ У МЕТАЛУРГІЇ

© Труфанов І., Метельський В., Андріяс І., Богданова Л., 2005

The analysis of a modern state and substantiation of new efficient technologies of energy saving, energy supply and technology equipment efficiency improvement in metallurgy of ferrous metals and electrometallurgy precision alloys black and heavy black and nonferrous metals will be carried out.

Вступ. На сучасному етапі розвитку ринкових економічних відносин стан і розвиток енергокомплексу визначає ефективність економіки держави і рівень життя населення. Ефективність енергетичного господарства країни визначається техніко-економічною ефективністю використання паливно-енергетичних ресурсів. Ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів визначається співвідношенням між споживанням первинних паливно-енергетичних ресурсів і споживанням електроенергії на одну людину у рік.

Державна політика України в області енергозаощадження на сучасному етапі впроваджується у життя у світлі розробленої системи правових і нормативних актів, створених з метою: регулювання відносин між господарськими об'єктами, державою і юридичними та фізичними особами у сфері енергозаощадження, пов'язаної з видобутком, переробкою, транспортуванням, заощадженням, виробництвом і використанням паливно-енергетичних ресурсів; забезпеченням зацікавленості підприємств, організацій і громадян в ефективному енергозаощадженні, впровадженні енергоощадних технологій, розробці і впровадженні енерготехнологічних машин і устаткування меншої енергоємності; встановлення і закріплення відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозаощадження й ефективного використання енергоресурсів. Можна стверджувати, що на цьому етапі створено нормативно-правову базу енергозаощадження. Так, тільки з 1994 р. було розроблено і затверджено більш як 260 загальнодержавних документів, що так чи інакше мають відношення до проблем енергозаощадження і енергоефективного використання енергетичного потенціалу України. Законом України “Про енергозбереження” забезпечується державна підтримка в області систематичних комплексних досліджень у сфері енергозаощадження для розробки наукових основ створення новітніх енергоощадних процесів і технологій.

Стан проблеми енергозаощадження в металургії. Така політика держави в енергетичному комплексі вже дає поліпшення деяких економічних й енергетичних показників: якщо в 1991 р. Україна споживала близько 6,1 т у.п. на людину, то у 2002 р. цей показник знизився до 5 т у.п.