

1. Щербина О.М. *Енергія для всіх: Технічний довідник/ Ужгород, 2000.* 2. Семена суданской травы. *Рекламний листок. ООО "Прогресс-7", Камышин, Россия, 2003.* 3. Ткаченко С., Степанов Д., Ларюшкін Є. *Теплогідродинамічні процеси в маловитратних системах біоконверсії/ Мат. 1-ї Міжн. наук.-практ. конф. "Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні". — Львів, ЛЦНТЕІ, 2001. — С. 228—232.* 4. Муха О., Грінченко Р., Івасик Я., Грінченко Д. *Проблеми власного енергозабезпечення біогазових установок в кліматичних умовах Західного регіону України. Мат. 1-ї Міжн. наук.-практ. конф. "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні". — Львів, ЛЦНТЕІ, 2001. — С. 217—220.* 5. Гнатишин Я., Кузик М., Мисак Й. *Параболоциліндричний сонячний концентратор/ Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". — 2003. — № 476. — С. 107—112.*

УДК 621.311

Г. Лисяк, О. Пастух

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електричних систем та мереж

ОЦІНКА РІВНЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У СХЕМАХ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕНЕРГОБЛОКІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

© Лисяк Г., Пастух О., 2004

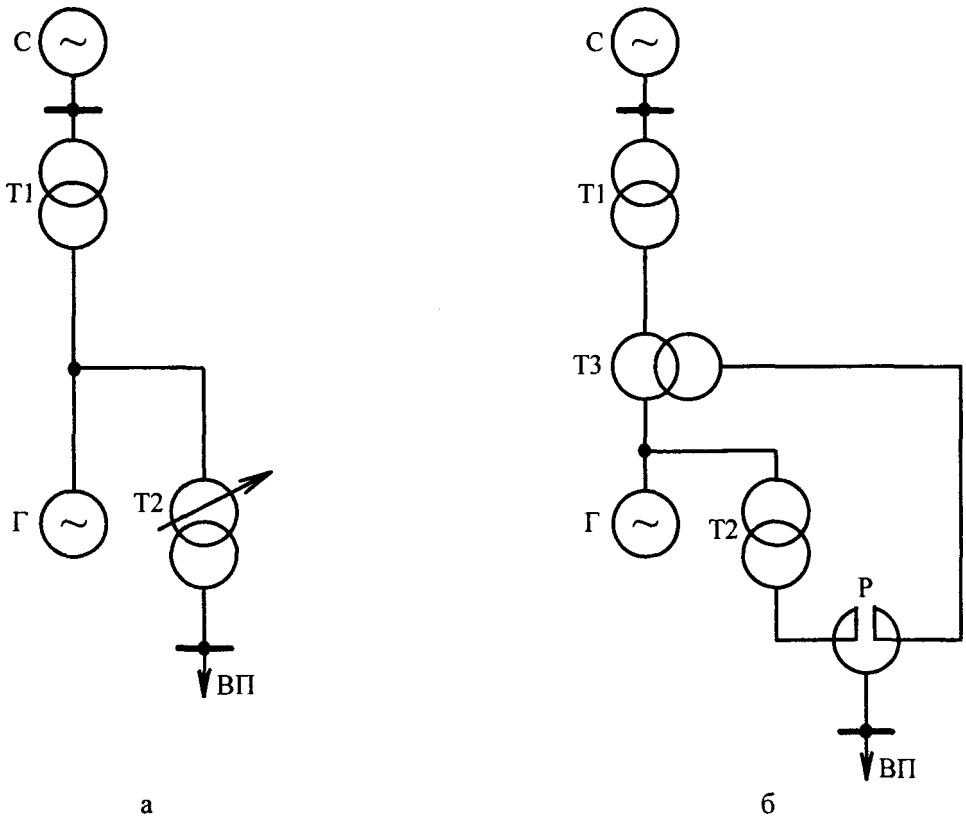
Shown, that for new scheme-technical settlements of electric part of electric power stations power units with additional work transformer of own needs a losses level of active power accords with losses level in traditional schemes.

Постановка проблеми. Потужні блочні теплові (ТЕС) та атомні (АЕС) електростанції є і на тривалу перспективу залишатимуться основними джерелами електроенергії. Вплив таких електростанцій на надійність і економічність функціонування електроенергетичних систем (ЕЕС), а отже й на надійність електропостачання споживачів електроенергії є визначальним. Саме тому задача підвищення надійності й економічності роботи таких електростанцій і надалі залишатиметься актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що умови функціонування енергоблоків потужних ТЕС і АЕС значною мірою визначаються надійністю електропостачання електроприймачів їх власних потреб (ВП) як в тривалих експлуатаційних, так і в аварійних режимах [1]. Поряд з традиційними схемами систем електропостачання ВП енергоблоків [1, 2] запропоновані нові схемно-технічні рішення їх електричної частини [3, 4], суть яких полягає у застосуванні додаткового робочого трансформатора ВП, який працює в режимі заданого навантаженням енергоблока струму, що забезпечує необхідний для роботи електроприймачів рівень напруги на шинах ВП як в тривалих експлуатаційних режимах, так і під час зовнішніх стосовно енергоблока коротких замикань і, тим самим, підвищує надійність функціонування енергоблока загалом. Одним з важливих факторів, які завжди враховують під час техніко-економічного порівняння традиційних і нових вирішень, є, як відомо, рівень втрат активної потужності в таких схемах, особливо з урахуванням світових тенденцій щодо ефективного використання енергоносіїв. Якщо для електричних мереж оцінювання рівня втрат активної потужності здійснюють для режиму максимального навантаження, то для енергоблоків потужних електростанцій, які звичайно працюють в базисі графіка навантаження, таку оцінку доцільно виконувати для їх тривалого експлуатаційного режиму з параметрами, близькими до їх номінальних значень.

Задача досліджень. Виконаний аналіз вказує на необхідність порівняльної оцінки ефективності нових схемно-технічних вирішень електричної частини енергоблоків електростанцій [3, 4] за рівнем втрат активної потужності відносно таких втрат у традиційних схемах.

Викладення основного матеріалу. На рисунку зображено принципові схеми електропостачання ВП енергоблока: а — один з варіантів традиційних схем [1, 2]; б — один з варіантів нових схем з додатковим робочим трансформатором ВП [3, 4]. Тут і надалі прийнято такі позначення; СТ — схема традиційна; СПН — схема підвищеної надійності; С — електроенергетична система (ЕЕС); Г — синхронний генератор; Т1 — блочний трансформатор (БТ); Т2 — робочий трансформатор ВП (РТВП) з пристроєм РПН у СТ (див. рис. а) та без такого пристрою у СПН (рис. б); Т3 — додатковий робочий трансформатор ВП (ДРТВП); Р — в загальному випадку здвоєний реактор (за конкретних обґрунтованих умов може бути одинарним або й відсутнім).



Принципові схеми електропостачання власних потреб енергоблока:
Традиційна (СТ) (а); з додатковим робочим трансформатором
власних потреб (СПН) (б)

Відмінність режиму СПН від СТ зумовлена наявністю в новій схемі ДРТВП Т3 і полягає у тому, що живлення навантаження ВП здійснюється через два трансформатори ВП — РТВП Т2 і ДРТВП Т3; останній працює у режимі заданого навантаженням енергоблока струму. Розподіл навантаження ВП між РТВП Т2 і ДРТВП Т3, в основному, визначається значенням коефіцієнта трансформації ДРТВП Т3. Така СПН забезпечує підтримання бажаного рівня напруги на шинах ВП як у тривалих експлуатаційних режимах, так і під час зовнішніх з боку вищої напруги БТ Т1 коротких замикань [3—5], що підвищує надійність функціонування енергоблока загалом. Як видно з рисунка, в загальному випадку СПН порівняно із СТ містить два нові елементи — ДРТВП Т3 та реактор Р. Якщо в СТ втрати активної потужності відзначаються лише в БТ1 та РТВП Т2, то в СПН — також в ДРТВП Т3 та в реакторі Р.

У першому наближенні оцінку рівня втрат активної потужності можна виконати за припущення, що напруги вузлів електричних схем на рисунку дорівнюють відповідним номінальним значенням. Враховуючи, що СПН (рис. б) містить всі елементи СТ (рис. а), розглянемо методику і

методику і робочі формули для обчислення втрат потужності саме для СПН. Тоді для обчислення втрат потужності у СТ достатньо використати лише формули та їх складові для наявних у цій схемі елементів.

Зазначені вище характерні режимні властивості СПН та неоднаковість, в загальному випадку, значень коефіцієнтів потужності генератора Г і навантаження ВП зумовлюють, на відміну від традиційних схем, необхідність використання під час обчислення втрат активної потужності як модулів струмів, так і модулів складових повних потужностей відповідних елементів. Надалі використовуватимемо загальноприйняті позначення координат режиму й параметрів схеми, що не вимагатиме додаткових пояснень.

Найбільші втрати активної потужності в СПН будуть за наявності здвоєного реактора Р. Однакове струмове завантаження гілок цього реактора, що відповідатиме мінімальному значенню його еквівалентного реактансу, досягається відповідним вибором параметрів схеми і теоретично забезпечуватиметься за умови рівності струмів \dot{I}_{T2} та \dot{I}_{T3} вторинних обмоток РТВП Т2 та ДРТВП Т3. Однак, як показали попередні дослідження, за різних значень коефіцієнтів потужності генератора Г та навантаження ВП на практиці можна забезпечити лише рівність модулів цих струмів з певною мінімальною різницею їх аргументів. Справедливе таке співвідношення:

$$I_P = I_{T2} = I_{T3} = K_I I_{ВПном} / 2, \text{ де } K_I > 1.$$

З урахуванням викладеного за номінальних значень потужностей генератора Г і навантаження ВП та відомих паспортних даних елементів СПН зі здвоєним реактром Р (рисунок б) алгоритм методики й робочі формули обчислення втрат потужності матимуть наведений нижче вигляд. Рівень втрат активної потужності у СПН буде максимальним.

1. Втрати потужності в здвоєному реакторі Р:

$$\Delta P_P = 3 \cdot \Delta P_{P\phi} = 3 \cdot \Delta P_{P\phi,ном} \cdot \left(\frac{2 \cdot I_P}{2 \cdot I_{Pном}} \right)^2;$$

$$\Delta Q_P = 3 \cdot \Delta Q_{P\phi} = 3 \cdot 2 \cdot x_{0,5P} \cdot I_P^2.$$

2. Втрати потужності в РТВП Т2:

$$\Delta P_{T2} = \Delta P_{xT2} + \Delta P_{kT2} \cdot \left(\frac{I_{T2}}{I_{T2ном}} \right)^2;$$

$$\Delta Q_{T2} = \Delta Q_{xT2} + 3 \cdot x_{T2} \cdot I_{T2}^2 = \frac{I_{xT2}}{100} \cdot S_{T2ном} + 3 \cdot \frac{u_{kT2}}{100} \cdot \frac{U_{T2ном}^2}{S_{T2ном}} \cdot I_{T2}^2.$$

3. Втрати потужності в ДРТВП Т3:

$$\Delta P_{T3} = \Delta P_{xT3} + \Delta P_{kT3} \cdot \left(\frac{I_{T3}}{I_{T3ном}} \right)^2;$$

$$\Delta Q_{T3} = \Delta Q_{xT3} + 3 \cdot x_{T3} \cdot I_{T3}^2 = \frac{I_{xT3}}{100} \cdot S_{T3ном} + 3 \cdot \frac{u_{kT3}}{100} \cdot \frac{U_{T3ном}^2}{S_{T3ном}} \cdot I_{T3}^2.$$

4. Втрати потужності в БТ Т1:

$$P_{T1} = P_{Гном} - P_{ВПном} - \Delta P_{T2} - \Delta P_{T3} - \Delta P_P;$$

$$Q_{T1} = Q_{Гном} - Q_{ВПном} - \Delta Q_{T2} - \Delta Q_{T3} - \Delta Q_P.$$

$$S_{T1} = \sqrt{P_{T1}^2 + Q_{T1}^2};$$

$$\Delta P_{T1} = \Delta P_{xT1} + \Delta P_{kT1} \cdot \left(\frac{I_{T1}}{I_{T1ном}} \right)^2;$$

$$\Delta Q_{T1} = \Delta Q_{xT1} + 3 \cdot x_{T1} \cdot I_{T1}^2 = \frac{I_{xT1}}{100} \cdot S_{T1ном} + \frac{u_{кT1}}{100} \cdot \frac{S_{T1}^2}{S_{T1ном}}$$

5. Втрати активної потужності в елементах системи електропостачання ВП енергоблока:

$$\Delta P_{ВП} = \Delta P_{T2} + \Delta P_{T3} + \Delta P_P.$$

6. Втрати активної потужності в елементах електричної частини енергоблока:

$$\Delta P_{ЕЧ} = \Delta P_{ВП} + \Delta P_{T1}.$$

Для СПН на рисунку б, але без здвоєного реактора Р, обчислення втрат потужності здійснюється за наведеними формулами пп.1÷6 за умов $\Delta P_P=0$ та $\Delta Q_P=0$, що дає мінімальний рівень втрат активної потужності.

Для СТ на рисунку а обчислення втрат потужності також здійснюється за формулами пп.1÷6 за умов $I_{T2}=I_{ВПном}$, $I_{T3}=0$, $\Delta P_P=0$, $\Delta Q_P=0$, $\Delta P_{T3}=0$ та $\Delta Q_{T3}=0$.

Для досліджень був прийнятий такий склад елементів СТ і СПН енергоблока на рисунку: генератор Г — ТГВ-200М [6]; БТ Т1 — ТДЦ-250000/220 [6]; РТВП Т2 — ТРДНС-25000/35 з $U_{Вном}=15,75$ кВ, $U_{Нном}=6,3$ кВ та паралельною роботою вторинних обмоток на шини ВП [7]; ДРТВП Т3 — на базі трансформатора ТДНС-16000/20 з номінальною напругою вторинної обмотки $U_{T2ном}=6,3$ кВ [7]; Р — РБС-2×1600/10 з $x_{0,5P}=0,1$ Ом [6]; ВП — $P_{ВПном}=0,08P_{Гном}$, $\cos\varphi_{ВПном}=0,7$ [6, 7]; $K_f=1,05$ — прийнято на основі попередніх досліджень.

Розрахунки дали такі значення втрат активної потужності для:

- (рисунок б) зі здвоєним реактором Р:

$$\Delta P_{ВП.СПНmax} = 146,3 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{ЕЧ.СПНmax} = 852,3 \text{ кВт};$$

- СПН (рисунок б) без здвоєного реактора Р:

$$\Delta P_{ВП.СПНmin} = 123,9 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{ЕЧ.СПНmin} = 831,7 \text{ кВт};$$

- СТ (рисунок а):

$$\Delta P_{ВП.СТ} = 131 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{ЕЧ.СТ} = 837,4 \text{ кВт}.$$

Рівень втрат активної потужності у СПН щодо СТ становить у елементах:

- системи електропостачання ВП:

$$\Delta P_{ВП.СПН} / \Delta P_{ВП.СТ} = 123,9 / 131 \div 146,3 / 131 = 0,95 \div 1,12;$$

- електричної частини енергоблока:

$$\Delta P_{ЕЧ.СПН} / \Delta P_{ЕЧ.СТ} = 831,7 / 837,4 \div 852,3 / 837,4 = 0,99 \div 1,02.$$

Висновки: 1. Запропонована методика дає змогу виконувати у першому наближенні оцінку рівня втрат активної потужності у нових схемах електропостачання власних потреб з додатковим робочим трансформатором та з урахуванням режимних особливостей їх елементів.

2. За показниками рівня втрат активної потужності розглянуті нові та традиційні схеми електропостачання власних потреб енергоблоків електростанцій є практично рівноцінними, що підтверджує перспективність застосування нових схем.

1. Гук Ю.Б., Кобжув В.М., Черновец А.К. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электроснабжения собственных нужд АЭС. — М., 1991. 2. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др.; Под. ред. А.А. Васильева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М., 1990. 3. Патент № 39640 А. Система электропостачання власних потреб енергоблока електростанції / Лисяк Г.М., Маліновський А.А., Никонець Л.О. — Бюл. № 5. — 2001. 4. Лисяк Г.М., Маліновський А.А., Пастух О.Р. Методика вибору основних параметрів схеми підвищеної надійності блочних електростанцій з умови підтримання бажаного рівня напруги на шинах власних потреб під час зовнішніх трифазних коротких замикань // Технічна електродинаміка. — № 4. — 2000. — С. 51—55. 5. Лисяк Г.М., Пастух О.Р. Оцінка діапазону зміни рівня напруги на шинах власних потреб схеми підвищеної надійності енергоблоків під час зовнішніх трифазних коротких замикань // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". — 2001. — № 435. —

С. 77—84. 6. *Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ В.В. Ершевич, А.А. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; Под. ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шатира. — М., 1985.* 7. *Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования // Учебн. пособие для вузов. — М., 1980.*

УДК 62.503.56+519.85

О. Лозинський, Я. Паранчук

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

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

© Лозинський О., Паранчук Я., 2004

Hierarchical control system structure and model of control of arc steel melting furnace for a heightening of an electrical power effectivity using is described. The results of study of operation of furnace indexes are received by optimization of electrical steel melting process behind different electric energy usage criteria are given.

Постановка проблеми. Підвищення частки електросталей у світовому виробництві сталі зумовлене збільшенням обсягів виплавлених сталей в дугових сталеплавильних печах (ДСП). Сучасна тенденція збільшення одиничної потужності і кількості ДСП призводить до загострення проблеми електромагнітної сумісності з електропостачальною мережею, що, своєю чергою, збільшує чутливість дугової печі до показників якості вхідної електроенергії, а конкретно — до погіршення техніко-економічних показників ДСП через неякісне живлення.

Одним з основних показників функціонування дугових сталеплавильних печей є питомі витрати електроенергії, що, зважаючи на значну частку електричної енергії серед складових енергетичного балансу дугової сталеплавильної печі, визначально впливають на отримувану собівартість електросталей. Зважаючи на це, зниження питомих витрат електроенергії, значення яких істотно впливають на собівартість електросталей, є однією з пріоритетних задач електрометалургії на сучасному етапі її розвитку.

Враховуючи це, а також те, що на діючих печах питомі витрати електроенергії є значними (на застарілих печах вони перевищують 750 кВт·год/т, у той час як на ДСП країн Західної Європи цей показник становить 350 кВт·год/т), проблема підвищення ефективності використання електричної енергії є важливою та актуальною [1].

Аналіз останніх досліджень. Основні зусилля, що скеровуються на розв’язання поставленої задачі в існуючих системах керування режимами триелектродних сталеплавильних печей змінного струму, полягають у розробленні алгоритмічних рішень для знаходження оптимальних уставок, що визначають положення робочої точки печі на її зовнішній характеристиці [2, 3, 4].

Але такий односторонній підхід не дає змоги якісно вирішити окреслену вище проблему. Причиною цього є те, що дугова сталеплавильна піч є складною взаємозв’язаною динамічною системою з нестационарними випадковими збуреннями і тому вирішувати проблему зниження питомих витрат електроенергії без належного розв’язання задачі стабілізації координат електричного режиму на заданому рівні некоректно і малоефективно. Тому розв’язати поставлену задачу можна, на наш погляд, лише на підставі комплексного системного підходу, що передбачає розроблення високоефективних системо- та схемотехнічних рішень, спрямованих на реалізацію електроощадних