

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ОБЛІК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГРУПОВИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Вступ. Створення ресурсо- й енергоощадних технологій базується, насамперед, на ефективному використанні енергоносіїв та матеріальних ресурсів в різноманітних галузях виробництва України, в яких задіяні установки і комплекси підвищеної енергоємності. В першу чергу це стосується поточних технологій з груповими системами живлення і керування (ГСЖК), коли при формуванні енергобалансу і якісних показників електроспоживання необхідно враховувати складність топології силової (енергетичної) частини, особливості перетворення енергії і характеристики навантаження. Але створення і впровадження у виробництво високоефективних систем потребує наявності інформації (оперативної) щодо рівнів складових повної потужності, гармонік струму і т.п. Наприклад, вплив технологічних характеристик (навантажувальних, швидкісних) робочих клітей неперервного прокатного стану [1] призводить до специфічних умов формування енергобалансу в СГЖК, коли рівні реактивної потужності в дискретних інтервалах навантаження клітей близькі, а іноді перевищують у 2–3 рази рівні активної при значній нестабільності 5-ї, 7-ї, 11-ї та 13-ї гармонік струму. Найбільш складними за реалізацією і водночас енергоефективними за використанням на цей час і на перспективу є системи живлення і керування з неперервним контролем за якісними показниками електроспоживання та елементами активного впливу на формування оптимального рівня складових потужності і гармонік [2]. Відомі на цей час системи контролю та обліку показників електроспоживання, у тому числі і автоматизовані, ґрунтуються у переважній більшості на визначенні активної і реактивної потужності (енергії), а у якості вимірювальних пристроїв використовуються електронні лічильники електроенергії підвищеної вартості (традиційні системи). Більш перспективні, так звані нетрадиційні системи [2], передбачають побудову структур і їх функціонування у відповідності з вимірювальними і розрахунковими операціями, необхідними для визначення конкретного енергетичного параметра згідно з його математичним поданням. В усіх відомих випадках отримання вихідної (первинної) інформації здійснюється від мережі живлення змінного струму, що ускладнює побудову системи автоматизованого контролю і обліку за більш широким і повним спектром показників електроспоживання.

Постановка задач дослідження. Враховуючи складність технічної реалізації систем автоматизованого контролю і обліку енергетичних показників відомими методами, постало питання щодо обґрунтування концепції, створення структур та визначення шляхів практичного застосування нетрадиційних систем зі спрощеними алгоритмами розрахунків і максимальним використанням діючого обладнання. Особливого значення такі системи набувають при комплексному підході щодо компенсації неактивних складових потужності, коли в умовах нестабільності навантажень виникає потреба активного впливу на вибір компенсуючих пристроїв (включно із зовнішніми) в залежності від інформації про енергетичний стан поодиноких і групових установок (комплексів). Отже, задачею роботи є аналітичне обґрунтування і реалізація структур автоматизованого контролю та обліку широкого спектру енергетичних показників на основі уніфікованих алгоритмів розрахунку і обмеженою кількістю вихідних параметрів безпосередньо ланок навантаження.

Матеріал та результати досліджень. Згідно [3] визначення складових потужності, гармонік і енергетичних коефіцієнтів здійснюється з використанням базових рівнянь енергобалансу (табл. 1) і спрощених алгоритмів.

Порівняльні розрахунки [3] вказують на те, що використання спрощеної форми струму (прямокутно-ступенева апроксимація) і обмеженому числі гармонік (не більше 5) середньостатистична похибка не перевищує 0,5-1,0% у порівнянні з розрахунками по більш точним формулам (з урахуванням кутів комутації i -х перетворювальних пристроїв), що надає змогу використати такий підхід при реалізації автоматизованої системи контролю і обліку

Таблиця 1

Параметр	Формула розрахунку
1. Активна $P_{(1)\Sigma}$ потужність	$P_{(1)\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{(1)ai} = P_{d\sigma} \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_{pi}$
2. Реактивна $Q_{(1)\Sigma}$ потужність	$Q_{(1)\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{(1)i} = P_{d\sigma} \sum_{i=1}^n K_i \cdot C'_{pi}$
3. Повна потужність першої гармоніки	$S_{(1)\Sigma} = P_{d\sigma} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n K_i \cdot C_{pi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n K_i \cdot C'_{pi}\right)^2}$
4. Діюче значення k -ї гармоніки первинного струму	$I_{(k)\Sigma} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n A_{(k)i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n B_{(k)i}\right)^2}$
5. Діюче значення первинного струму	$I_{1\Sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{k=1}^p \left[\left(\sum_{i=1}^n A_{(k)i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n B_{(k)i}\right)^2 \right]}$
6. Повна потужність	$S_{\Sigma} = m \cdot U \cdot I_{1\Sigma}$
7. Коефіцієнт зсуву	$K_{z\Sigma} = P_{(1)\Sigma} / S_{(1)\Sigma}$
8. Активна енергія	$W_{(1)P\Sigma} = \frac{1}{T_u} \int_0^{T_s} P_{(1)\Sigma} \cdot dt$
9. Реактивна енергія	$W_{(1)Q\Sigma} = \frac{1}{T_u} \int_0^{T_s} Q_{(1)\Sigma} \cdot dt$
10. Коефіцієнт зсуву за цикл	$K_{z\Sigma} = \frac{W_{(1)P\Sigma}}{\sqrt{W_{(1)P\Sigma}^2 + W_{(1)Q\Sigma}^2}}$

енергетичних показників групового електроприводу неперервного прокатного стану в реальних умовах експлуатації. Один із варіантів такої системи (рис. 1) передбачає автоматизований розрахунок: активної потужності $P_{(1)а\Sigma}$ і енергії $W_{(1)р\Sigma}$, реактивної потужності $Q_{(1)\Sigma}$ і енергії $W_{(1)Q\Sigma}$, а також коефіцієнта зсуву $K_{з\Sigma}$ миттєвого і за цикл $K_{зци\Sigma}$ згідно аналітичних співвідношень табл. 1. Використання запропонованого підходу забезпечує створення різноманітних систем як для визначення лише окремих енергетичних показників (складових потужності, гармонік і енергетичних коефіцієнтів), так і для розрахунку показників електроспоживання в повному обсязі згідно табл. 1.

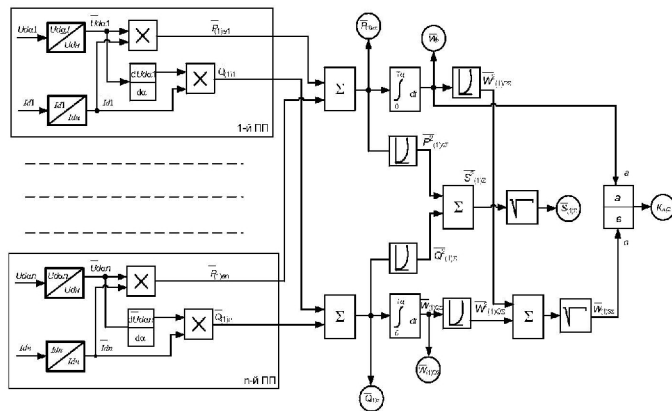


Рис. 1. Структура розрахунку енергетичних показників в умовах групового живлення та керування

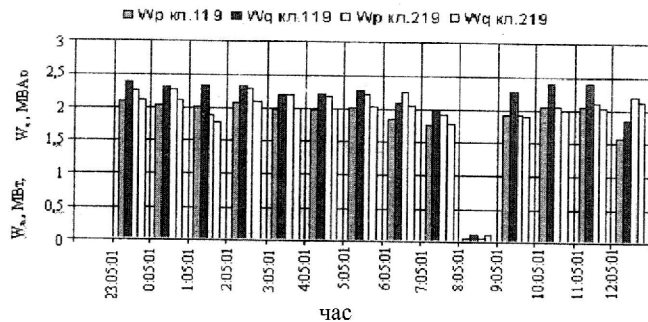


Рис. 3. Діаграми активної та реактивної енергії клітей 119, 219

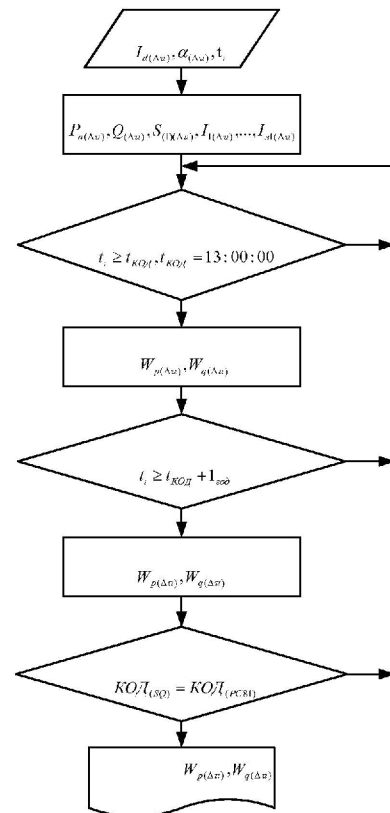


Рис. 2. Алгоритм обчислень системи технічного контролю енергетичних показників

За результатами теоретичних досліджень здійснені розробка і впровадження в прокатне виробництво уніфікованої блочно-модульної системи автоматизованого контролю та обліку показників електроспоживання нетрадиційного типу з максимальним використанням пристроїв системи керування прокатними клітками “SI-MADYN D” фірми SIEMENS в умовах діючого стану ПС-150-1 СПЦ-1 ВАТ «АРСЕЛОР МІТТАЛ КРИВИЙ РІГ». Згідно функціональної схеми [4] вихідна (первинна) інформація містить основні змінні параметри (струм I_d , напруга U_d) ланки постійного струму перетворювачів та константи, які за допомогою апаратної СІФК та плати сполучення подаються у мікропроцесорний модуль з подальшим розрахунком енергетичних показників на дискретному інтервалі $\Delta t_T=6,6$ мс і за цикл прокатки. Загальний вигляд алгоритму автоматизованого розрахунку потужностей і енергій першої гармоніки приведено на рис. 2, а як приклад, на рис. 3 – діаграми погодинного розподілу активної і реактивної енергії прокатних клітей 119, 219 ПС-150-1.

Висновки. 1. Запропонований нетрадиційний підхід щодо створення систем автоматизованого контролю та обліку складових потужності і енергетичних коефіцієнтів базується на формуванні рівнянь енергобалансу за напрямом «навантаження – перетворювач – мережа» з урахуванням характеристик навантаження і спектральних властивостей струмів i-x перетворювальних пристроїв та обмеженого числа вихідних параметрів.

2. Практична реалізація запропонованих систем здійснюється з максимальним використанням пристроїв інформаційно-керуючої частини діючих установок та спрощеного уніфікованого алгоритму, що дозволяє при незначних похибках (0,5-1,0 %) вирішити проблему контролю і обліку електроспоживання за повними показниками без додаткових витрат.

Література.

1. Синолицьий А.Ф., Шулешко В.М., Костиков А.В. Повышение энергетических показателей группового электропривода непрерывного прокатного стана. // Вісник КДПУ. – 2001. – Вип.2(11). – С. 76 – 83.
2. Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке: Пер. с чешск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с
3. Синолицьий А.П., Кольсун В.А., Жуйков М.В. Нетрадиційні системи автоматизованого контролю та обліку енергетичних показників // Вісник КТУ, 2007.– Вип. 17.– С. 138 – 142.
4. Синолицьий А.Ф., Момот В.Е., Шеремет В.А., Волков В.Ф., Усенко А.В. Унифицированная система автоматизированного контроля и учета электропотребления прокатных цехов // Вісник КТУ, 2007.– Вип. 18.– С. 119 – 123.