

5. Дронов В.А. Самоучитель Macromedia Dreamweaver 8 / В.А. Дронов.– СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 230 с.: ил.
6. Програмні системи створення веб-сайтів, CMS: //http://www.znannya.org/?view=WebDev

References

1. Syrykh Yu.A. Sovremenniy web-design. Rysuem site, kotoryi prodaet. M., Williams, 2008. 304 p.
2. MAB (UNESCOs Man and the Biosphere Program). Biosphere Reserves world network. UNESCO MAB secretariat, 2011, Paris.
3. Pasichnyk O.H., Pasichnyk O.V., Stetsenko I.V. Osnovy web-design. Kyiv, Vydavnycha hrupa BVH, 2009. 336 p.
4. Hyz K, A. Kholms A. Osnovy Web-design: vspomohatelnoe rukovodstvo. M, Yzdatelskyi dom «Wiliams», 2002. 640 p..
5. Dronov V.A. Samouchitel Macromedia Dreamweaver 8. SPb, BKhV – Peterburh, 2006. 230 p.
6. Prohramni systemy stvorennia web-sites, CMS: //http://www.znannya.org/?view=WebDev

Рецензія/Peer review : 5.4.2013 р. Надрукована/Printed :24.11.2013 р.
Рецензент:

УДК 621.316

О.О. РУБАНЕНКО, І.О. ГУНЬКО
Вінницький національний технічний університет

НОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЕС ПРИ ОПТИМАЛЬНОМУ КЕРУВАННІ ЇХ РЕЖИМАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИТЕРІАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ І НЕЙРОНЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Досліджено можливість використання критеріального програмування і нейронечіткого моделювання при визначенні планового значення технічних втрат потужності. Запропоновано при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС в якості критерію оптимальності використовувати втрати активної потужності і намагатись їх значення звести до планового. А також контролювати, в кінці звітнього періоду значення втрат електроенергії, щоб воно не перевищило норматив. Вдосконалено аналітико-розрахунковий метод визначення нормативного значення технічних втрат електроенергії, за рахунок використання критеріального програмування і нейронечіткого моделювання. Тобто запропоновано критерії подібності розраховувати за допомогою функцій належності. Функції належності можна визначати шляхом аналізу значень впливних факторів і з врахуванням інформації наданої експертами. Отримавши один раз НХТВП, нею можна користуватись деякий проміжок часу. Якщо вибрати такі впливні фактори, що їхнє значення можна змінювати наявними засобами керування (перетоки потужності по лініях міжсистемного зв'язку), то НХТВП може бути використана в задачах оптимального керування. Планове значення технічних втрат потужності розраховується шляхом підстановки значень впливних факторів в нормативну характеристику технічних втрат потужності. ПЗТВП слугує орієнтиром при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС і обмежує інтенсивність роботи регульовальних пристроїв.

Ключові слова: нормування, технічні втрати електроенергії, оптимальне керування, електроенергетична система, критеріальне програмування, нейронечітке моделювання.

O.O. RUBANENKO, I.O. GUNKO
Vinnitsia National Technical University

NORMALIZATION TECHNICAL POWER LOSSES IN POWER SYSTEM WITH OPTIMAL CONTROL OF THEIR MODES WITH USING CRITERIA PROGRAMMING AND NEURAL-FUZZY MODELLING

The possibility of using criteria programming and neural modelling in determining the value of routine technical power losses. An optimal control in normal modes of EPS as a criterion of optimality using active power losses and seek their values reduced to routine. And control at the end of the reporting period, the value of energy losses that it did not exceed the standard. Improved analytical method for determining the estimated standard value of technical electricity losses by using criteria programming and neural modelling. That suggested similarity criteria to count by using membership functions. Membership functions can be determined by analyzing the impact the values of the factors and taking into account the information provided by experts. Having once NHTVP, it is possible to use a certain period of time. If you choose to impact the following factors, their value can change existing controls (power flows along the lines of interconnections), then NHTVP can be used in optimal control problems. Scheduled importance of technical power losses is calculated by substituting the values of factors impact the normative description of technical power losses. PZTVP serves as a guide for the optimal management of normal modes EPS and limits the intensity of the regulating devices.

Keywords: normalization, technical power losses, optimal control, electric power system, criteria programming, neural-fuzzy modelling.

Вступ. Задача зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні є актуальною. Одним із способів зменшення втрат електроенергії, який добре зарекомендував себе в розподільних мережах, є їх нормування.

Для досягнення нормативного значення технічних втрат електроенергії потрібно відслідковувати поточне значення втрат активної потужності. Потрібно здійснювати оптимальне керування нормальними режимами ЕЕС таким чином, щоб поточні втрати потужності не перевищили планового їх значення. Тому при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС доцільно в якості критерію оптимальності використовувати втрати активної потужності і намагатись їх значення звести до планового. Це гарантує, що в кінці звітнього періоду значення втрат електроенергії не перевищить норматив. Тому актуальною є задача вдосконалення існуючих та розробки нових методів оптимізації режимів ЕЕС, коли критерієм оптимальності є втрати електроенергії під час її

транспортування з врахуванням планового значення технічних втрат потужності і технічного стану регулюючих пристроїв в умовах неповноти вихідних даних. Виходячи з цього дана робота присвячена вдосконаленню існуючих методів визначення нормативного значення технічних втрат електроенергії з використанням критеріального програмування і нейро-нечіткого моделювання.

Аналіз методів нормування технологічних втрат електроенергії в ЕЕС

В загальному вигляді під нормативом розуміють розрахункові затрати матеріальних ресурсів, які застосовуються для планування і керування господарською діяльністю підприємств [1]. Нормативи поділяють на перспективні і поточні. Для практичного визначення нормативу використовуються три методи наведені на рис. 1.



Рис. 1. Методи визначення нормативу та їх особливості

Для нормування втрат електроенергії найкраще себе зарекомендував аналітико-розрахунковий метод, як найбільш прогресивний і науково-обґрунтований.

Нормуванням втрат електроенергії займалися такі провідні вчені, як Ю. С. Железко, В. Е. Воротницький, О. В. Данилюк, О. А. Потребич та інші. Ю. С. Железко нормування втрат електроенергії визначає як встановлення задовільного за економічними критеріями рівня втрат електроенергії, який враховується в тарифах на електроенергію [1]. За В. Е. Воротницьким, норматив втрат електроенергії в електричних мережах – це економічно обґрунтовані і документально підтвержені технологічні витрати електроенергії під час її транспортування, що відносяться до ресурсів, які обкладаються податком і направлені на отримання доходу енергопостачальною організацією [2].

З метою підвищення точності визначення нормативу втрат електроенергії в електричних мережах він повинен бути розділений на чотири рівня напруги: ВН (110–750 кВ); СН1 (35 кВ); СН2 (20–1 кВ); НН (0,38 кВ і нижче). Точність визначення нормативу втрат впливає на точність оцінки понаднормативних втрат і відповідно на ефективність заходів щодо їх зниження [2].

Нормативне значення технологічних витрат електроенергії за розрахунковий період розраховується за виразом

$$\Delta W_{НЗТВЕ} = \Delta W_{ТР} + \Delta W_{ВП} + \Delta W_{ПО}, \quad (1)$$

де $\Delta W_{ТР}$ – сумарні технічні втрати електроенергії в елементах ЕЕС; $\Delta W_{ВП}$ – сумарні нормативні витрати електроенергії на власні потреби підстанцій; $\Delta W_{ПО}$ – розрахункові витрати електроенергії на плавлення ожеledі в ЕЕС.

При нормуванні технологічних витрат електроенергії в магістральних та міждержавних електричних мережах враховуються технічні розрахункові втрати електроенергії в ЛЕП і трансформаторах, які при застосуванні методів оперативних розрахунків обчислюються для інтервалу часу, менше 1 години, а при застосуванні аналітичних методів – для розрахункового місяця.

У виразі (1.1) технічні розрахункові втрати електроенергії в елементах магістральних і міждержавних електричних мереж визначаються за виразом:

$$\Delta W_{ТР} = \sum_{i=1}^k \Delta W_{ЛЕПi} + \sum_{i=1}^k \Delta W_{Трzi} + \sum_{i=1}^k \Delta W_{Трpi} + \sum_{i=1}^k \Delta W_{Ini},$$

де $\Delta W_{ЛЕПi}$ – сумарні змінні розрахункові втрати електроенергії в ЛЕП i -го ступеня напруги; $\Delta W_{Трzi}$ – сумарні змінні розрахункові втрати електроенергії в трансформаторах i -го ступеня напруги; $\Delta W_{Трpi}$ – сумарні умовно-постійні втрати електроенергії в трансформаторах i -го ступеня напруги; ΔW_{Ini} – сумарні розрахункові втрати електроенергії в інших елементах (шунтових реакторах, синхронних компенсаторах, вентиляльних розрядниках, обмежувачах перенапруги, в трансформаторах струму і напруги, батареях статичних конденсаторів та ін.) i -го ступеня напруги.

Залежно від початкової інформації для визначення нормативного значення навантажувальних втрат електроенергії пропонується використовувати такі методи: середніх навантажень і дисперсій, характерних режимів, домінуючих гармонік, поелементного розрахунку. Перші два методи використовуються для електричних мереж напругою до 150 кВ. Метод домінуючих гармонік підходить для будь-яких електричних мереж, але для отримання потрібної точності потрібно враховувати гармоніки, номери яких перевищують домінуючі. Найбільш точне значення нормативу втрат можна отримати методом поелементного розрахунку.

Із всіх складових втрат найбільш складною для розрахунку і представлення в формі, зручній і зрозумілій для використання, є технічні втрати, особливо їх навантажувальна складова. Для спрощення розрахунку

навантажувальних втрат електроенергії в [1] пропонується використовувати нормативну характеристику технічних втрат – залежність задовільного рівня втрат електроенергії від факторів, які відображені в офіційній звітності. Для визначення коефіцієнтів нормативної характеристики технічних втрат електроенергії потрібно знати планове значення технічних втрат потужності.

Вибір впливних факторів

Згідно з Енергетичною стратегією України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 року № 145 «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року», у 2030 році прогнозується збільшення майже у три рази обсягу ВВП порівняно з 2005 роком, а споживання первинних паливно-енергетичних ресурсів – тільки на 47,5 відсотка (з 205,2 до 302,7 млн тонн умовного палива) [3]. При цьому енергоемність ВВП повинна знизитися з 0,5 до 0,24 нафтового еквівалента на 1 долар США за рахунок використання потенціалу енергоефективності та енергозбереження. Одним із шляхів підвищення енергоефективності є нормування втрат підприємств АПК (агропромислового комплексу). Сільськогосподарські підприємства у більшості випадків доцільно розташовувати ближче до сировини. При великих обсягах виробництва такі підприємства енергоемні. Враховуючи стан розподільних мереж забезпечити безаварійне енергопостачання нелегко. Тому пропонується на таких підприємствах, враховуючи сезонність і місце розташування, встановлювати альтернативні джерела електроенергії (сонячні батареї, вітрові електростанції). А для того щоб контролювати і захочувати власників сільськогосподарських підприємств потрібно використання електроенергії від нетрадиційних джерел електроенергії враховувати при визначенні для них нормативного значення технічних втрат електроенергії. Вибір впливних факторів, які приймають участь при визначенні нормативного значення технічних втрат електроенергії в мережах АПК, а саме розрахункових коефіцієнтів нормативної характеристики технічних втрат пропонується здійснювати з врахуванням обсягів електроенергії, отриманої від відновлювальних джерел електроенергії. Також відомо, що сільське господарство є потужним джерелом відновлювальних енергоресурсів (біопаливо) [4].

Модель нормативної характеристики технічних втрат з врахуванням взаємовпливу впливних факторів

Для врахування взаємовпливу факторів скористаємось рівнянням [1]

$$\Delta P = \sum_{i=1}^s \sum_{j \geq 1}^s A_{ij} \cdot P_i \cdot P_j + \sum_{i=1}^s B_i \cdot P_i + C. \quad (2)$$

Отримавши один раз НХТВП, нею можна користуватись деякий проміжок часу. Якщо вибрати такі впливні фактори, що їхнє значення можна змінювати наявними засобами керування (перетоки потужності по лініях міжсистемного зв'язку), то НХТВП може бути використана в задачах оптимального керування. Планове значення технічних втрат потужності розраховується шляхом підстановки значень впливних факторів в нормативну характеристику технічних втрат потужності. ПЗТВП слугує орієнтиром при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС і обмежує інтенсивність роботи регулювальних пристроїв. Цільова функція запишеться у такому вигляді [5]:

мінімізувати

$$y = f(P_1, P_2, P_3) \quad (3)$$

за умов

$$P_1 + P_2 + P_3 = P_c, P_{i \min} \leq P_1 \leq P_{i \max}, P_{i \min} \leq P_2 \leq P_{i \max}, P_{i \min} \leq P_3 \leq P_{i \max}, \quad (4)$$

де P_c – впливний фактор, значення якого не змінюється в темпі процесу або на яке ми не можемо вплинути за допомогою керуючих пристроїв, тому будемо вважати сталим. Розпишемо цільову функцію (2)

$$y = \sum_{i=1}^s \sum_{j \geq 1}^s A_{ij} \cdot P_i P_j + \sum_{i=1}^s B_i \cdot P_i, \quad (5)$$

де A_{ij} і B_i – коефіцієнти моделі, P_i і P_j – впливні фактори (споживання потужності відновлювальних джерел електроенергії).

У виразі (2) не враховуємо апроксимаційну сталу C , тому що її значення будемо вважати постійним. Для трьох впливних факторів, значення яких оптимізуються, розпишемо рівняння (2) у вигляді

мінімізувати

$$y = A_{11}P_1^2 + A_{22}P_2^2 + A_{33}P_3^2 + A_{12}P_1P_2 + A_{13}P_1P_3 + A_{23}P_2P_3 + B_1P_1 + B_2P_2 + B_3P_3, \quad (6)$$

за умов (2).

Двоїста функція має такий вигляд:

максимізувати

$$d(\pi) = \left(\frac{A_{00}}{\pi_1}\right)^{\pi_1} \left(\frac{A_{11}}{\pi_2}\right)^{\pi_2} \left(\frac{A_{22}}{\pi_3}\right)^{\pi_3} \left(\frac{A_{01}}{\pi_4}\right)^{\pi_4} \left(\frac{A_{02}}{\pi_5}\right)^{\pi_5} \left(\frac{A_{12}}{\pi_6}\right)^{\pi_6} \left(\frac{B_0}{\pi_7}\right)^{\pi_7} \times \left(\frac{B_1}{\pi_8}\right)^{\pi_8} \left(\frac{B_2}{\pi_9}\right)^{\pi_9} \left(\frac{\pi_{10} + \pi_{11} + \pi_{12}}{P_c}\right)^{(\pi_{10} + \pi_{11} + \pi_{12})} \quad (7)$$

за умов

$$\begin{cases} 2\pi_1 & + \pi_4 & + \pi_5 & + \pi_7 & + \pi_{10} & = 0; \\ & 2\pi_2 & + \pi_4 & + \pi_6 & + \pi_8 & + \pi_{11} & = 0; \\ & & 2\pi_3 & + \pi_5 & + \pi_6 & + \pi_9 & + \pi_{12} & = 0; \\ \pi_1 & + \pi_2 & + \pi_3 & + \pi_4 & + \pi_5 & + \pi_6 & + \pi_7 & + \pi_8 & + \pi_9 & = 1. \end{cases} \quad (8)$$

Міра складності $t = 12 - 3 - 1 = 8$.

Для знаходження критеріїв подібності використаємо їх схожість з функціями належності. Подамо критерій подібності функціями належності.

За ретроспективними даними навчаємо ANFIS-мережу. Формуємо навчальну вибірку: входами є значення впливних факторів p_1-p_9 , де $p_1 = P_1, p_2 = P_2, p_3 = P_3, p_4 = P_1^2, p_5 = P_2^2, p_6 = P_3^2, p_7 = P_1 P_2, p_8 = P_1 P_3, p_9 = P_2 P_3$, а виходом – планове значення технічних втрат потужності, для яких виконується умова (8).

Підставляємо ці значення впливних факторів в рівняння для розрахунку функції належності і отримаємо значення критерію подібності. На значення критерію подібності впливає вид функції належності і її параметри. Вид функції належності обираємо варіантним підходом або залучаючи експертів, параметри функції належності розраховуємо за ретроспективними даними. За заданими значеннями впливних факторів розрахуємо наближено оптимальні значення впливних факторів.

За наближеними оптимальними значеннями впливних факторів визначаємо значення функції належності, при чому, якщо значення впливного фактора одночасно належить до двох нечітких множин, але з різною функцією належності, то надається перевага тій множині, для якої значення функції належності більше (рис. 2).

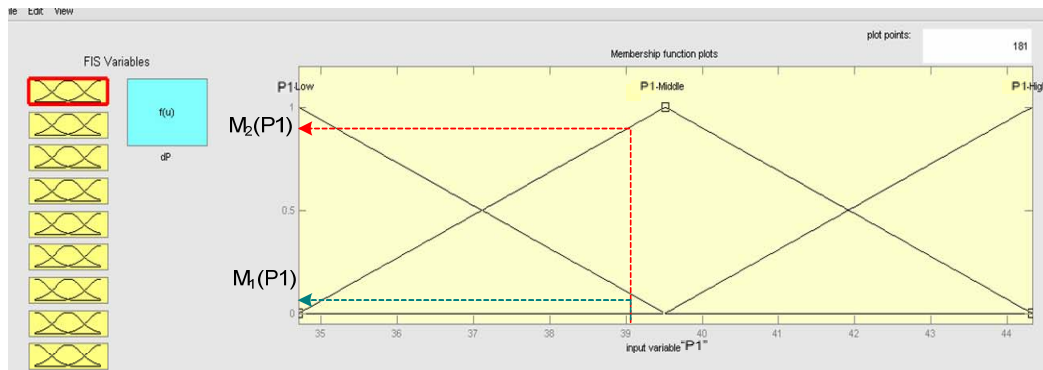


Рис. 2. Вигляд редактора функцій належності

Критерій подібності визначається за виразом:

$$\pi_{\phi.n.} = \begin{cases} \max(\mu_1(P_1), \mu_2(P_1)) & \text{при } \mu_1(P_1) \neq \mu_2(P_1); \\ \mu_1(P_1) & \text{при } \mu_1(P_1) = \mu_2(P_1), \end{cases} \quad (9)$$

де $\pi_{\phi.n.}$ – критерій подібності, розрахований за допомогою функції належності.

Планове значення технічних втрат потужності отримаємо, підставивши критерій подібності в вираз (7). Оптимальні значення впливних факторів, які будуть задовольняти планове значення технічних втрат потужності, розрахуємо для знаходження критеріїв подібності методом інтегральних аналогів, а саме: $P_1 = \frac{\pi_7 y}{B_1}, P_2 = \frac{\pi_8 y}{B_2}$,

$$P_3 = \frac{\pi_9 y}{B_3} \text{ і т. ін., де } y = \Delta P_{\text{план.}} - \text{ПЗТВП.}$$

Подання НХТВП в критеріальній формі запису дозволяє контролювати зміну планового значення технічних втрат потужності залежно від відхилення впливних факторів від оптимального їх значення:

$$y^* = \pi_1 P_1^{2*} + \pi_2 P_2^{2*} + \pi_3 P_3^{2*} + \pi_4 P_1^* P_2^* + \pi_5 P_1^* P_3^* + \pi_6 P_2^* P_3^* + \pi_7 P_1^* + \pi_8 P_2^* + \pi_9 P_3^*.$$

Висновки. Проаналізовано відомі методи визначення планового значення технічних втрат потужності і обрано для вдосконалення аналітико-розрахунковий метод визначення нормативу. Досліджено, які впливні фактори доцільніше вибирати для формування нормативної характеристики технічних втрат потужності (НХТВП). Використання нейро-нечіткого моделювання і критеріального програмування дозволяє представити

Література

1. Железко Ю. С. Расчёт и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчётов / Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. – М. : ЭНАС, 2008. – 280 с.
2. Воротницкий В. Э. Нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: результаты, проблемы, пути решения / В. Э. Воротницкий // Энергоэксперт. – 2007.– №3. – С. 10-18.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 року № 145 «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року».
4. Райхенбах Т. М. Європейський досвід у використанні потенціалу сільського господарства для виробництва відновлювальної енергії / Т. М. Райхенбах // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 132. Технічні системи і технології тваринництва. – ХНТУСГ. – Х., 2013. – С. 530–535.
5. Лежнюк П.Д. Оптимальне керування нормальними режимами електроенергетичних систем критеріальним методом з використанням нейро-нечіткого моделювання / П.Д. Лежнюк, О.О. Рубаненко. – Вісник ВПІ. – Вінниця. – 2012. – №2.

References

1. Zhelezko Yu. S. Raschyot y analiz poter elektroenerhiy v elektrycheskykh setiakh: rukovodstvo dlia praktycheskykh raschetov / Zhelezko Yu. S., Artemev A. V., Savchenko O. V. – M. : ENAS, 2008. – 280 p.
2. Vorotnytskyi V. E. Normirovaniye y snyzheniye poter elektroenerhiy v elektrycheskykh setiakh: rezultatu, problemu, puty resheniya / V. E. Vorotnytskyi // Enerhoekspert. – 2007.– №3. – P. 10-18.
3. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 15 bereznia 2006 roku № 145 «Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku».
4. Raikhenbakh T. M. Yevropeyskiy dosvid u vykorystanni potentsialu silskoho hospodarstva dlia vyrobnytstva vidnovliuvanoi enerhii / T. M. Raikhenbakh // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Vyp. 132. Tekhnichni systemy i tekhnolohii tvarynnytstva. - KhNTUSH. - Kh., 2013. – P. 530-535.
5. Lezhniuk P.D. Optymalne keruvannia normalnymy rezhymamy elektroenerhetychnykh system kryterialnym metodom z vykorystanniam neuro-nechitkoho modeliuвання / P.D. Lezhniuk, O.O. Rubanenko. – Visnyk VPI. – Vinnytsia. – 2012. – №2. – P.127-130

Рецензія/Peer review : 25.10.2013 р. Надрукована/Printed :24.11.2013 р.
Рецензент: В.М.Лисогор, д.т.н., проф.

УДК 681.516.77:621.314.2

А.А. ЖИЛЕНКОВ, С.Г. ЧЁРНЫЙ

Керченский государственный морской технологический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ

В статье приведено описание активного фильтра гармоник, работающего в составе системы управления качеством электроэнергии автономной электростанции судна.

Приведенная модель системы управления активного фильтра использует наблюдающее устройство для восстановления недоступных для измерения сигналов сети и с помощью алгоритмов адаптивной аппроксимации осуществляет гармонический синтез искаженных токов и напряжений.

Приведены результаты моделирования рассмотренной системы.

Ключевые слова: автономные энергосистемы, адаптивная фильтрация, наблюдатели сигналов

A.A. ZHILENKOV, S.G. CHERNEY
Kerch State Marine Technical University

SIMULATION OF ADAPTIVE MANAGEMENT IN COMPLEX SYSTEMS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS IDENTIFICATION

An important objective in the design of control systems filter- compensating devices is the exact definition of varying harmonic non-sinusoidal: their magnitude and phase angle. Changing the network frequency, low-frequency oscillations (typical imbalance in three-phase systems without neutral), a powerful interference make this task difficult. This is due to the fact that in the frequency domain, changing the fundamental frequency of 0.4 Hz causes an error in determining the amplitude of the 5th harmonic of 10 %. Given the lack of a ship's power plant neutral wire and, as a consequence, the unknown phase voltage network – the distortion of line voltages, and other destabilizing factors, existing management systems provide a critical error. The article describes the active harmonic working in the quality control system of electricity autonomous power of the ship. The reduced model of the control of the active filter uses the monitored device for recovering inaccessible to measure network signals and using adaptive approximation algorithms performs harmonic synthesis of distorted currents and voltages. The results of modelling the system under consideration.

Keywords: autonomous power systems, adaptive filtration, signal estimation device.

Постановка задачи

Современные судовые электроэнергетические системы (СЭЭС) характеризуются наличием в своем составе большого количества преобразовательной нагрузки, включающей преобразователи частоты, источники