

пути совершенствования устройств и средств защиты распределительной сети при повреждениях изоляции фаз на землю. В общем направлении совершенствования вошли достижимые на современном этапе технические характеристики устройств, такие как вид интерфейса, эффективность работы, качество и полнота обрабатываемой информации, устойчивость работы и другие, касающиеся смысловой обработки информации.

2. Для строгого обоснования целесообразности введения новых функций и характеристик устройств, а так же принятия решения о начале этапа совершенствования или разработки новых устройств применен структурно-лингвистический метод. Простота и результативность метода позволяют построить систему АСНОР КНПС и устройств, входящих в систему.

3. Приведены технические особенности нового типа терминала “Т-КНПС-1” для реализации системы АСНОР КНПС в приемлемых конструктивно-стоимостных показателях. При работе системы возможно сохранить максимальную ЭФРН и всего защищающего оборудования на длительных интервалах времени эксплуатации. Появляется техническая возможность автоматически устранить или свести к минимуму, те трудно решаемые задачи и практические противоречия, отсутствие решения которых приводили к снижению надежности эксплуатации изоляции высоковольтного оборудования всей гальванически связанной распределительной сети.

1. Дж Ту, Р. Гонсалес. *Принципы распознавания образов.* – М.: Мир, 1978. – 411 с. 2. Никифоров А. П. *Решение задачи выбора “простых” или “совершенных” устройств иерархическим и структурно-лингвистическим методами // Науч. труды Донецк. нац. техн. ун-та. Сер. Электроэнергетика и электротехника, вып. 9 (141).* – Донецк, 2009. – С. 150–155.

УДК 621.313.333

О.Г. Плахтина, А.С. Куцук, В.В. Тутка
Національний університет “Львівська політехніка”

СИНХРОНИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКОВОГО ЧАСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАШИНОВЕНТИЛЬНИХ СИСТЕМ З РЕАЛЬНИМ ЧАСОМ

О Плахтина О.Г., Куцук А.С., Тутка В.В., 2009

Запропоновано спосіб синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом з використанням показів внутрішнього таймера комп'ютера. Реалізація цього способу забезпечує роботу математичних моделей електромашиновентильних систем у реальному часі для розв'язання задач діагностування та аналізу систем керування, що перевірено експериментально.

The method of synchronization of calculated time of model with the real time is proposed by the internal computer's timer measurement. Realization of this method provides work of mathematical models of electromechanical and electroenergetic system in the real time mode for the decision of tasks of diagnosing and analysis of control system. The efficiency of the proposed method is experimental confirmed.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень. Для тестування фізичних пристроїв керування електромеханічними та електроенергетичними системами в роботах [1, 2] пропонується використання математичних та комп'ютерних моделей реального часу. У цьому випадку фізичний пристрій керування під'єднується до комп'ютерної моделі об'єкта керування, яка функціонує в реальному часі та обмінюється сигналами з фізичним пристроєм.

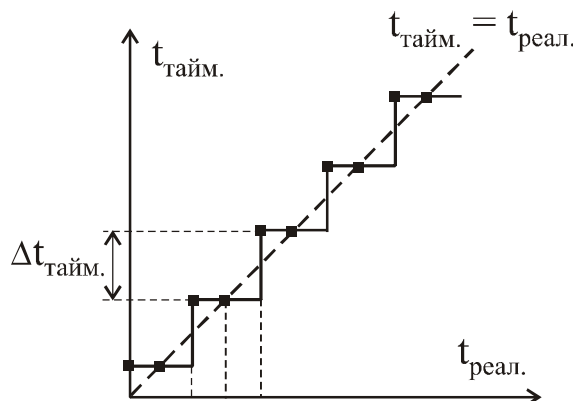
Результатом функціонування математичної (комп'ютерної) моделі є розраховані значення електромагнітних та електромеханічних змінних як функції розрахункового часу. У математичній (комп'ютерній) моделі реального часу розрахунковий час в будь-який момент функціонування моделі повинен відповідати реальному часу.

Особливістю цифрових пристроїв, що працюють в реальному часі (комп'ютери під операційними системами реального часу, програмовані логічні контролери, мікроконтролери, сигнальні процесори тощо) є детермінованість і постійність часу виконання розрахункового циклу. Для таких пристроїв рівність розрахункового і реального часу впродовж функціонування моделі досягається рівністю кроку чисельного інтегрування та реального часу виконання одного циклу розрахунку. Цей час можна визначити один раз, і він не змінюється впродовж роботи пристрою. Ця умова передбачає постійність кроку чисельного інтегрування.

Прирівняння кроку чисельного інтегрування до реального часу виконання одного циклу розрахунку в умовах детермінованості останнього (притаманній цифровим засобам реального часу) забезпечує функціонування моделі в реальному часі. Однак, у разі реалізації математичної моделі на комп'ютері реальний час виконання одного циклу розрахунку непередбачувано змінюється внаслідок багатозадачності операційної системи та зміни швидкодії процесора. В умовах незмінності кроку чисельного інтегрування це призводить до відхилення розрахункового часу моделі від реального часу, а, отже, до порушення роботи моделі в реальному часі. У цьому разі виникає необхідність синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом.

Постановка завдання. Розробка способів синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом для забезпечення функціонування комп'ютерної моделі в реальному часі в умовах непередбачуваної зміни швидкодії розрахунку, обумовленої зміною швидкодії комп'ютера та виконанням паралельних задач, є завданням цього дослідження.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом необхідно вимірювати реальний час, для чого може бути використаний внутрішній таймер комп'ютера. Особливістю цього таймера є дискретність вимірювання (рис. 1), внаслідок чого його покази змінюються з певною дискретою $\Delta t_{\text{тайм.}}$, яка для комп'ютера, що працює під операційною системою Windows становить близько 15 мс. Для точного визначення реального часу в будь-який момент опитування необхідно усунути похибку, обумовлену дискретністю вимірювання. Для цього покази таймера апроксимуємо з застосуванням методу найменших квадратів. Апроксимаційна залежність, в цьому випадку, визначатиметься рівнянням $t_{\text{тайм.}} = a_1 t_{\text{реал.}}$, де a_1 повинно дорівнювати 1 (пунктирна лінія на рисунку).



Апроксимація показів таймера для визначення реального часу

Враховуючи, що необхідною умовою роботи моделі в реальному часі є забезпечення рівності в будь-який момент часу розрахункового часу моделі і реального часу ($t_{\text{реал.}} = t_{\text{розрах.}}$) співвідношення між розрахунковим часом моделі та реальним часом, який вимірюється таймером, визначимо рівнянням:

$$t_{\text{тайм.}} = a_1 t_{\text{розрах.}}$$

Застосувавши метод найменших квадратів, визначимо

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^N t_{\text{тайм.}i} \cdot \sum_{i=1}^N t_{\text{розн.}i} - N \sum_{i=1}^N t_{\text{тайм.}i} t_{\text{розн.}i}}{\left(\sum_{i=1}^N t_{\text{розн.}i} \right)^2 - N \sum_{i=1}^N t_{\text{розн.}i}^2}, \quad (1)$$

де N – кількість вимірювань; $t_{\text{тайм.}i}$ – покази таймера на i -му кроці чисельного інтегрування; $t_{\text{розн.}i}$ – значення розрахункового часу в моделі на i -му кроці чисельного інтегрування. Зауважимо, що в цьому разі таймер опитується на кожному кроці чисельного інтегрування.

Очевидно, що визначений за формулою (1) коефіцієнт a_1 дорівнюватиме 1, якщо модель працює в реальному часі. В іншому випадку, якщо змінюється швидкодія розрахунку і розрахунковий час моделі починає відхилятися від реального часу, значення коефіцієнта a_1 стає відмінним від 1, що є ознакою необхідності корекції швидкодії розрахунку (розрахункового часу моделі). Змінити швидкодію розрахунку можна шляхом зміни кроку чисельного інтегрування.

Для досягнення цього крок чисельного інтегрування на кожному циклі розрахунку визначатимемо на основі попереднього, усередненого за N попередніх розрахункових цикли, кроку за формулою

$$\Delta t = \frac{t_{\text{розн.}N} - t_{\text{розн.}1}}{N-1} \cdot a_1. \quad (2)$$

В цьому випадку, у разі сповільнення розрахунку значення коефіцієнта a_1 стає більшим за 1, що призводить до збільшення кроку чисельного інтегрування і, відповідно, до збільшення швидкодії розрахунку, і навпаки.

Застосування цього способу забезпечує автоматичну корекцію кроку чисельного інтегрування з умови забезпечення роботи моделі в реальному часі. Для забезпечення необхідної точності розрахунку на максимальне значення кроку накладається обмеження. Якщо визначене з виразу (2) значення кроку чисельного інтегрування перевищує максимально-допустиме значення, то це є ознакою того, що математична модель не може функціонувати на цьому комп'ютері в реальному часі і необхідно застосувати комп'ютер з вищою швидкодією.

Особливістю математичного моделювання вентильних перетворювачів є необхідність знаходження моменту часу закривання вентилів при переході їх струмів через нуль з додатного у від'ємне значення. Для знаходження цього моменту часу традиційно використовується процедура інвертування диференціальних рівнянь та чисельного інтегрування за струмом вентиля, який закривається, до моменту часу, коли струм вентиля починає дорівнювати нулю. Це своєю чергою передбачає зміну кроку чисельного інтегрування та виконання на кроці, коли клапан закривається, великого обсягу додаткових операцій, що, своєю чергою, порушує виконання необхідних умов роботи моделі в реальному часі.

Для усунення зазначеного недоліку доцільно використовувати процедуру розрахунку моменту часу закривання вентиля з застосуванням інтерполяції. У цьому разі, для визначення моменту часу закривання вентиля відсутня процедура інвертування похідних та чисельного інтегрування за струмом вентиля, який закривається, що зменшує кількість додаткових операцій на кроці, де відбувається закривання вентиля.

Описані способи синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом реалізовано в математичних моделях, які використовувалися авторами для виконання тестування систем збудження генераторів електростанцій, результати яких подано в [2].

Висновки. 1. Запропонований спосіб синхронізації розрахункового часу моделі з реальним часом шляхом корекції кроку чисельного інтегрування за показами внутрішнього таймера комп'ютера забезпечує функціонування математичних моделей в реальному часі навіть за недетермінованої зміни швидкодії розрахунку, обумовленої зміною швидкодії комп'ютера та виконанням паралельних задач. У цьому разі у будь-який момент часу забезпечується рівність розрахункового часу моделі і реального часу.

2. Эффективность запропонованого способу реалізації моделей реального часу підтверджена практикою використання цих математичних моделей для розв'язання задач тестування фізичних систем регулювання збудження синхронних генераторів електростанцій.

1. Плахтина О.Г., Куцик А.С., Сломінський М.М. Комп'ютерна технологія налаштування і випробування пристроїв керування і захисту електромеханічних і електроенергетичних систем // *Технічна електродинаміка. Тем. вип.: Силова електроніка та енергоефективність*, ч. 2. – К., 2006. – С. 43–46. 2. Плахтина О.Г., Куцик А.С., Тутка В.В. Програмно-технічний комплекс для налаштування і випробування систем самозбудження генераторів електростанцій // *Технічна електродинаміка. Тем. вип.: Силова електроніка та енергоефективність – 2008*, ч. 1. – К., 2008. – С. 40–43.

УДК 621.314

М.А. Поляков, С.И. Климов

Запорожский национальный технический университет

МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАНЫХ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

О Поляков М.А., Климов С.И., 2009

Розглянуто особливості отримання і методи інтелектуального оброблення даних моніторингу параметрів силового трансформатора, а також спектральний аналіз, фільтрацію і прогнозування. Запропоновано змінювати інтенсивність моніторингу залежно від технічного стану трансформатора.

The features of receipt and methods of the intellectual processing of data of monitoring of parameters of power transformer are considered, including a spectral analysis, filtration and prognostication. It is suggested to change monitoring intensity depending on the technical state of transformer.

Постановка проблеми. Эксплуатация сложных и ответственных элементов систем передачи и распределения электроэнергии, к которым относится силовые трансформаторы, все чаще выполняется непрерывным мониторингом параметров [1]. Системы мониторинга и управления (СМУ) силового трансформатора содержат мощные вычислительные устройства, которые способны накапливать и обрабатывать большие массивы данных о параметрах и состояниях трансформатора.

В настоящее время данные мониторинга отображаются на экране дисплея в виде текущих значений и трендов (исторических и реального времени) и сохраняются в виде файлов на машинном носителе компьютера СМУ. Эти файлы представляют собой таблицы результатов измерений (первичные данные) снабженные метками времени. Измерения производятся с постоянным шагом по времени, например две минуты.

Как правило, силовые трансформаторы эксплуатируются в условиях нестационарных нагрузок и действия случайных дестабилизирующих факторов внешней среды, что затрудняет непосредственный анализ первичных данных мониторинга. Под действием нагрузки и времени изменяется техническое состояние трансформатора в целом и отдельных его частей, что требует соответствующего изменения интенсивности мониторинга. Интенсивность мониторинга будем характеризовать номенклатурой контролируемых параметров трансформатора, количеством измерений первичных параметров в единицу времени, номенклатурой и частотой запуска оценочных и диагностических процедур, выполняемых на основе данных мониторинга.