

ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

УДК 621.314

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СИСТЕМИ ДАВАЧА ЕЛЕКТРОННОГО ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ З НОРМОВАНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Г.М. Варський, канд. техн. наук, **В.В. Гречко**, асп., **Є.М. Танкевич**, докт. техн. наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
varsky@ied.org.ua

На основі одержаних аналітичних виразів для струму намагнічування електромагнітного давача електронного трансформатора струму для захисту з нормованими метрологічними характеристиками в перехідних режимах енергосистем визначено ряд характеристик перехідного процесу в давачі при двократному циклі включення та розроблено алгоритм розрахунку параметрів його електромагнітної системи. Розраховано параметри електромагнітної системи давача за різної тривалості замикань і різних значень вторинного навантаження. Правильність розрахунків підтверджено на математичній моделі трансформатора струму (ТС). Бібл. 8, рис. 5, табл. 2.

Ключові слова: давач, електронний трансформатор струму, перехідний режим, електромагнітна система.

Вступ. Використання можливостей обчислювального та комунікаційного потенціалу сучасних інтелектуальних електронних пристроїв (ІЕП) дає змогу підвищити ефективність управління та організації енергосистем, надає їм нових перспективних властивостей [5]. До таких ІЕП належить електронний трансформатор струму (ЕТС), котрий має відповідати вимогам стандартів [6, 7]. Електронні трансформатори струму для захисту з нормованими метрологічними характеристиками в перехідних режимах роботи, які супроводжуються аперіодичними складовими з великими постійними часу, необхідні для забезпечення правильної дії швидкодіючого релейного захисту. Одним з можливих типів давачів струму ЕТС є електромагнітний трансформатор струму (ТС), який характеризується високою точністю та стабільністю метрологічних характеристик [2, 3]. У цій роботі як давач струму розглядається ТС, що має забезпечувати нормовані стандартом [7] вимоги до метрологічних характеристик ЕТС класу точності 5TRP (для захисту з нормуванням характеристик у перехідних режимах роботи).

Завдання дослідження. Розробити алгоритм розрахунку параметрів електромагнітної системи давача ЕТС для захисту з нормуванням характеристик в перехідних режимах роботи. Перевірити правильність розрахунку параметрів давача.

Вимоги до давача ЕТС. Як показано у статті [1], у номінальному режимі роботи струмова похибка давача f_i не повинна перевищувати $(1 \cdot k_{\text{зап},f_i}) \%$, а кутова $\delta_i - (60 \cdot k_{\text{зап},\delta_i})$ мінут (коефіцієнти запасу за струмовою $k_{\text{зап},f_i}$ та кутовою $k_{\text{зап},\delta_i}$ похибками враховують технологічні розкиди при виготовленні давача та похибки електронної частини ЕТС і мають складати не більше 0,8); при номінальному граничному первинному струмі за вимогами точності повна похибка давача ε не повинна перевищувати 5 %; у перехідному режимі роботи максимальна миттєва похибка давача ε' не повинна перевищувати 10 % для однократного робочого циклу «включено-виключено» або для двократного робочого циклу «включено-виключено-включено-виключено» (рис. 1). Первинні струми ЕТС для одно- та двократного робочих циклів відповідно до роботи [1] описуються виразами

$$i_p = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot [\sin(2\pi ft) - e^{(-t/T_p)}], & 0 \leq t \leq t' \\ 0, & t' < t < \infty \end{cases}; \quad (1)$$

$$i_p = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot [\sin(2\pi ft) - e^{(-t/T_p)}], & 0 \leq t \leq t'; \\ 0, & t' < t < t' + t_{fr}; \\ \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot [\sin(2\pi f(t - t' - t_{fr})) - e^{-(t-t'-t_{fr})/T_p}], & t' + t_{fr} \leq t \leq t' + t_{fr} + t''; \\ 0, & t' + t_{fr} + t'' < t < \infty, \end{cases} \quad (2)$$

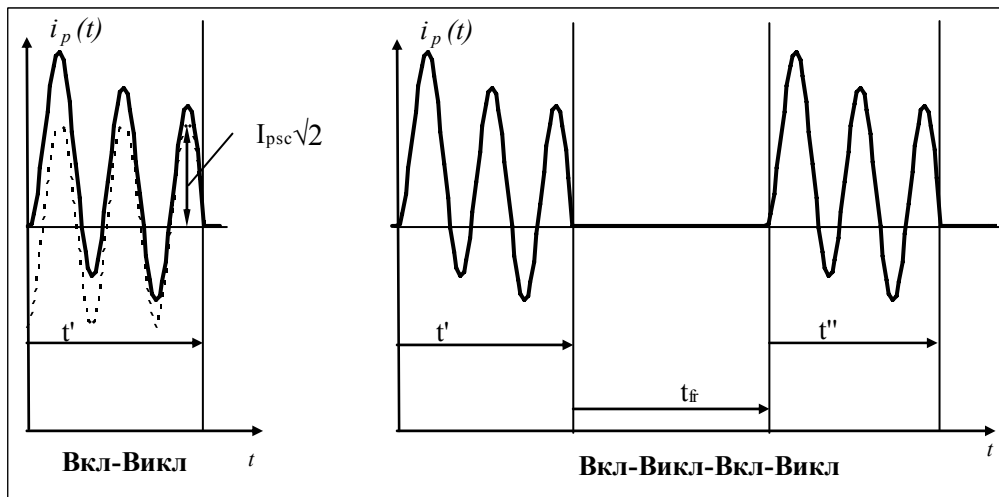


Рис. 1

де I_{psc} – діюче значення номінального первинного струму короткого замикання, А; f – частота мережі, Гц; t – час від початку виникнення замикання, с; T_p – постійна часу первинного кола, с; t' – час тривалості першого замикання, с; t_{fr} – час безструмової паузи, с; t'' – час тривалості повторного замикання, с. I_{psc} пов'язаний з номінальним коефіцієнтом симетричного струму короткого замикання K_{ssc} та номінальним первинним струмом I_{pn} співвідношенням $I_{psc} = K_{ssc} \cdot I_{pn}$.

Максимальна миттєва похибка та параметри електромагнітної системи давача.

У ЕТС для захисту з нормуванням метрологічних характеристик у перехідних режимах роботи найбільш доцільно як давач використовувати ТС із немагнітним зазором в осерді, в якому залишкова індукція знаходиться на низькому рівні, що запобігає насиченню осердя в перехідних режимах роботи.

Струм намагнічування такого (з лінійними характеристиками) ТС $i_0(t)$ для однократного робочого циклу може бути представлений таким чином [4]:

$$i_0(t) = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot (\sin(\omega \cdot t + \varphi) - \sin(\varphi) \cdot e^{-t/T_S}) + \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \frac{T_p - T_L}{T_S - T_p} \cdot [e^{-t/T_p} - e^{-t/T_S}], & 0 \leq t \leq t'; \\ i_0(t') \cdot e^{-(t-t')/T_S}, & t' < t < \infty, \end{cases}$$

де T_S , T_L – постійна часу вторинного кола і навантажувальної гілки, до якої належать активні та реактивні опори вторинного навантаження й активний опір та індуктивність розсіювання вторинної обмотки; $\varphi = \arctg[(1 + \omega^2 \cdot T_S \cdot T_L) / (\omega \cdot (T_S - T_L))]$; t – час від початку перехідного процесу; $i_0(t')$ – значення $i_0(t)$ у момент часу t' .

Можна показати, що для двократного робочого циклу $i_0(t)$ становить

$$i_0(t) = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot (\sin(\omega \cdot t + \varphi) - \sin(\varphi) \cdot e^{-t/T_S}) + \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \frac{T_P - T_L}{T_S - T_P} \cdot [e^{-t/T_P} - e^{-t/T_S}], & 0 \leq t \leq t'; \\ i_0(t') \cdot e^{-(t-t')/T_S}, & t' \leq t \leq t' + t_{fr}; \\ \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot \sin(\omega \cdot (t - t' - t_{fr}) + \varphi) - \left[\sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot \sin(\varphi) - i_0(t' + t_{fr}) \right] \cdot e^{-(t-t'-t_{fr})/T_S} + \\ + \sqrt{2} \cdot I_{psc} \cdot \frac{T_P - T_L}{T_S - T_P} \cdot [e^{-(t-t'-t_{fr})/T_P} - e^{-(t-t'-t_{fr})/T_S}], & t' + t_{fr} \leq t \leq t' + t_{fr} + t''; \\ i_0(t' + t_{fr} + t'') \cdot e^{-(t-t'-t_{fr}-t'')/T_S}, & t' + t_{fr} + t'' \leq t < \infty, \end{cases}$$

де $i_0(t' + t_{fr})$, $i_0(t' + t_{fr} + t'')$ – значення $i_0(t)$ у моменти часу $t' + t_{fr}$, $t' + t_{fr} + t''$.

Для однократного циклу і $t' = \infty$ максимальне значення аперіодичної складової струму намагнічування лінійного ТС досягається в момент часу $t_{at'}$ [4]:

$$t_{at'} = -\frac{T_P \cdot T_S}{T_S - T_P} \cdot \ln \left(\frac{T_P}{T_S} \cdot \left[1 + \frac{(1 + \omega^2 \cdot T_L \cdot T_S) \cdot (T_S - T_P)}{(1 + \omega^2 \cdot T_S^2) \cdot (T_P - T_L)} \right] \right).$$

Для двократного циклу і $t'' = \infty$ час $t_{at''}$ досягнення максимуму аперіодичної складової струму намагнічування ТС на інтервалі часу від $t' + t_{fr}$ до $t' + t_{fr} + t''$ з урахуванням ненульових початкових умов матиме вигляд

$$t_{at''} = -\frac{T_P \cdot T_S}{T_S - T_P} \cdot \ln \left(\frac{T_P}{T_S} \cdot \left[1 + \frac{(1 + \omega^2 \cdot T_L \cdot T_S) \cdot (T_S - T_P)}{(1 + \omega^2 \cdot T_S^2) \cdot (T_P - T_L)} - \frac{i_0(t')}{\sqrt{2} \cdot I_{psc}} \cdot e^{-t_{fr}/T_S} \cdot \frac{T_S - T_P}{T_P - T_L} \right] \right).$$

Максимальне значення періодичної складової струму намагнічування досягається періодично, коли $\sin(\omega \cdot t + \varphi) = -1$. Максимум струму намагнічування i_{0m} можна наближено, з деяким запасом, прийняти рівним сумі максимумів аперіодичної та періодичної складових i_0 . Максимальні значення i_{0m}' та i_{0m}'' струму намагнічування $i_0(t)$ для одно- і двократного робочих циклів відповідно, приведені до амплітуди періодичної складової первинного струму в перехідному режимі роботи, визначаються як

$$i_{0m}' = \frac{i_0(t_{m}')}{\sqrt{2} \cdot I_{psc}} = \sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot (-1 - \sin(\varphi) \cdot e^{-t'/T_S}) + \frac{T_P - T_L}{T_S - T_P} \cdot [e^{-t_{m}'/T_P} - e^{-t_{m}'/T_S}];$$

$$i_{0m}'' = \frac{i_0(t_{m}'')}{\sqrt{2} \cdot I_{psc}} = -\sqrt{\frac{1+(\omega T_L)^2}{1+(\omega T_S)^2}} \cdot \sin(\varphi) - i_0(t' + t_{fr}) \cdot e^{-t_{m}''/T_S} + \frac{T_P - T_L}{T_S - T_P} \cdot [e^{-t_{m}''/T_P} - e^{-t_{m}''/T_S}],$$

де $t_{m}' = \min\{t', t_{at'}\}$, $t_{m}'' = \min\{t'', t_{at''}\}$.

Максимальна миттєва похибка давача ε' у відносних одиницях дорівнює $\varepsilon' = \frac{i_{0m}}{\sqrt{2} \cdot I_{psc}}$.

Тоді для однократного циклу $\varepsilon' = i_{0m}'$, для двократного $\varepsilon' = \max\{i_{0m}', i_{0m}''\}$.

Для того щоб ε' не перевищувала допустимого значення ε'_{don} , постійна часу вторинного кола давача T_S має бути не менше певного мінімального значення T_{Se} , яке для давача з однократним робочим циклом можна визначити за алгоритмом рис. 2 а, а для давача з двократним робочим циклом – за алгоритмом рис. 2 б.

Для лінійного ТС T_S визначається як

$$T_S = \frac{\mu_* \cdot \mu_0 \cdot A_C \cdot W_2^2}{(R_{CT} + R_b) \cdot l_t}, \quad (3)$$

де μ_* – відносна магнітна проникність осердя; μ_0 – магнітна проникність вакууму; A_C – площа поперечного перерізу осердя, м²; W_2 – кількість витків вторинної обмотки; R_{CT} , R_b – активні опори вторинної обмотки та вторинного навантаження відповідно, Ом; l_t – середня довжина магнітної лінії осердя, м. Звідки площа поперечного перерізу осердя A_C становить

$$A_C = \frac{T_S \cdot (R_{CT} + R_b) \cdot l_t}{\mu_* \cdot \mu_0 \cdot W_2^2}. \quad (4)$$

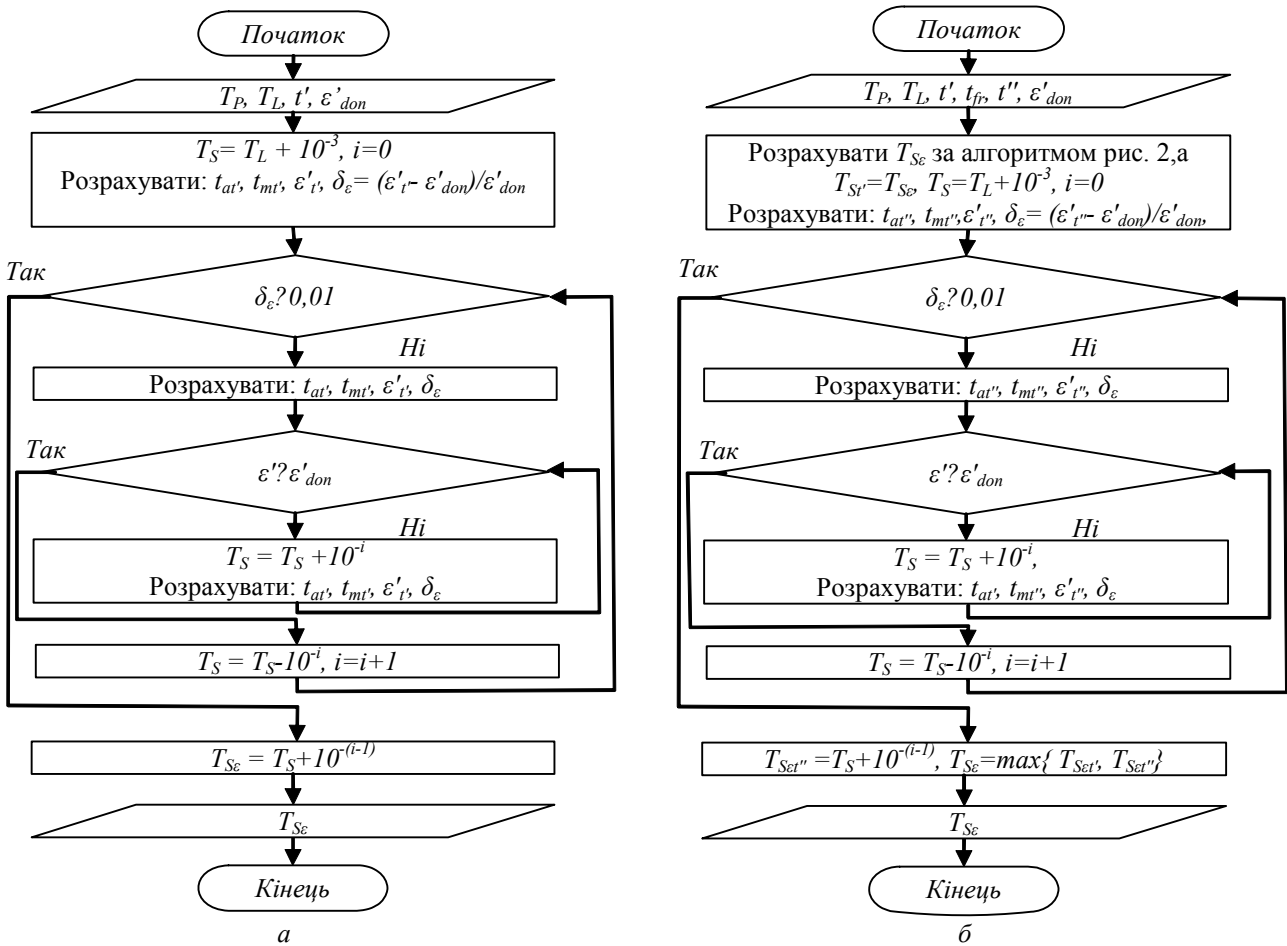


Рис. 2

З виразу (4) видно, що з техніко-економічної точки зору оптимальними є мінімальне значення T_S та максимальне значення μ_* , коли виконуються вимоги до давача і значення A_C є мінімальним. Мінімальне значення постійної часу вторинного кола $T_{S\delta_i}$, за якого забезпечується необхідна точність за кутовою похибкою δ_i , знаходиться за виразом [6]:

$$T_{S\delta_i} = \frac{1}{\omega \cdot \tan(\delta_i)}$$

Мінімальне значення постійної часу вторинного кола T_{Smin} , за якого одночасно забезпечується необхідна точність за максимальною миттєвою похибкою ϵ' та за кутовою похибкою δ_i $T_{Smin} = \max\{T_{S\epsilon}, T_{S\delta_i}\}$.

Якщо гранична петля гістерезису магнітного матеріалу осердя характеризується індукцією насичення B_s та залишковою індукцією B_r , значення якої складає $m\%$ від B_s , то осердя з зазором має залишкову індукцію з рівнем $n\%$ індукції насичення за довжини зазору l_{3r} [8]:

$$l_{3r} = l_{cm} \left(\frac{m}{n} - 1 \right) \frac{1}{\mu_r}$$

де μ_r – диференціальна магнітна проникність граничної петлі гістерезису магнітного матеріалу осердя в околі точки B_r ; l_{cm} – довжина середньої магнітної лінії нерозрізної частини осердя.

Необхідна довжина зазору l_{3s} , за якої відсутнє насичення осердя ТС у перехідному режимі роботи, визначається з таких міркувань. У перехідному режимі роботи ТС забезпечуватиме потрібну точність, якщо T_{Smin} (ненасичена ділянка вебер-амперної характеристики осердя) зберігатиметься як мінімум до струму намагнічування $I_{0m} = \epsilon'_{don} \cdot I_{psc} \cdot \sqrt{2}$. Максимальному значенню струму намагнічування в перехідному режимі роботи I_{0m} відповідає напруженість магнітного поля в осерді $H_s = I_{0m} \cdot W_1 / l_t$, де W_1 – кількість витків первинної обмотки. Індукція насичення осердя із зазором майже не залежить від довжини зазору і практично рівна індукції насичення B_s магнітного матеріалу осердя. Тоді відносна магнітна проникність осердя із зазором має становити $\mu_{s*} = B_s / (H_s \cdot \mu_0)$.

Магнітна проникність осердя з немагнітним зазором [4]

$$\mu_* = \frac{\mu_{cm*}}{1 + \frac{l_3}{l_{cm} + l_3} \cdot (\mu_{cm*} - 1)}, \quad (5)$$

де μ_{cm*} – відносна магнітна проникність характеристики намагнічування магнітного матеріалу осердя; l_3 – довжина зазору осердя. Звідки l_3 становить

$$l_3 = \frac{l_{cm} \cdot (\mu_{cm*} - \mu_*)}{\mu_{cm*} \cdot (\mu_* - 1)}. \quad (6)$$

Покладаючи у рівнянні (6) $\mu_* = \mu_{s*}$, маємо $l_3 = l_{3s}$.

З виразу (5) видно, що збільшення довжини зазору l_3 (при $l_{cm} \gg l_3$) призводить до зменшення магнітної проникності осердя з немагнітним зазором, що з метою забезпечення однієї й тієї ж T_S вимагає збільшення площі його поперечного перерізу A_C . Отже, з техніко-економічної точки зору доцільно обирати мінімально необхідну довжину зазору осердя давача l_{3min} , за якої задовольняються дві умови: 1) практично усувається вплив залишкової індукції, що справедливо, коли її рівень не перевищує рівня індукції при номінальному первинному струмі; 2) давач не насичується в перехідному режимі роботи. Таким чином, $l_{3min} = \max\{l_{3r}, l_{3s}\}$.

Розрахунок параметрів електромагнітної системи давача. Алгоритм розрахунку параметрів електромагнітної системи давача представлено на рис. 3, де задіяно такі позначення: l_{3step} – крок збільшення довжини зазору (може бути прийнятий 0,1 мм); D_B – внутрішній діаметр осердя (як початкове його наближення може бути прийнятий діаметр вікна проходження первинної обмотки). Розроблений алгоритм враховує обмеження щодо параметрів електромагнітної системи давача, за яких забезпечуються висунуті вимоги до його метрологічних характеристик в ustalених та перехідних режимах роботи, і дає змогу визначити її оптимальні параметри. Площа поперечного перерізу осердя A_C уточнюється ітеративно, оскільки вона пов'язана з постійною часу вторинного кола T_S через активний опір вторинної обмотки R_{CT} та середню довжину магнітної лінії осердя l_t , які в свою чергу залежать від значення A_C . Умовою виходу з циклу визначення A_C є відмінність фактичного значення постійної часу вторинного кола T_S від T_{Smin} не більше 1%. Ітеративно уточнюється також довжина зазору l_3 , яка збільшується на l_{3step} , поки не буде досягнуто умови відсутності насичення $I_{0m} \leq B_s \cdot l_t / (\mu_{s*} \cdot W_l)$.

За цим алгоритмом розраховано параметри електромагнітної системи давача з розглянутими вимогами до його точності. З метою порівняння в табл. 1 для однократного робочого циклу і в табл. 2 для двократного робочого циклу наведено розраховані значення параметрів електромагнітних систем давачів з різними значеннями номінального вторинного навантаження. Результати розрахунків вказують на те, що мале за величиною та стабільне номінальне вторинне навантаження давача дає змогу знизити габарити його електромагнітної системи порівняно з габаритами електромагнітної системи ТС на більшій номінальній вторинній навантаженні.

Математичне моделювання давача. Правильність одержаних виразів для струму намагнічування давача струму

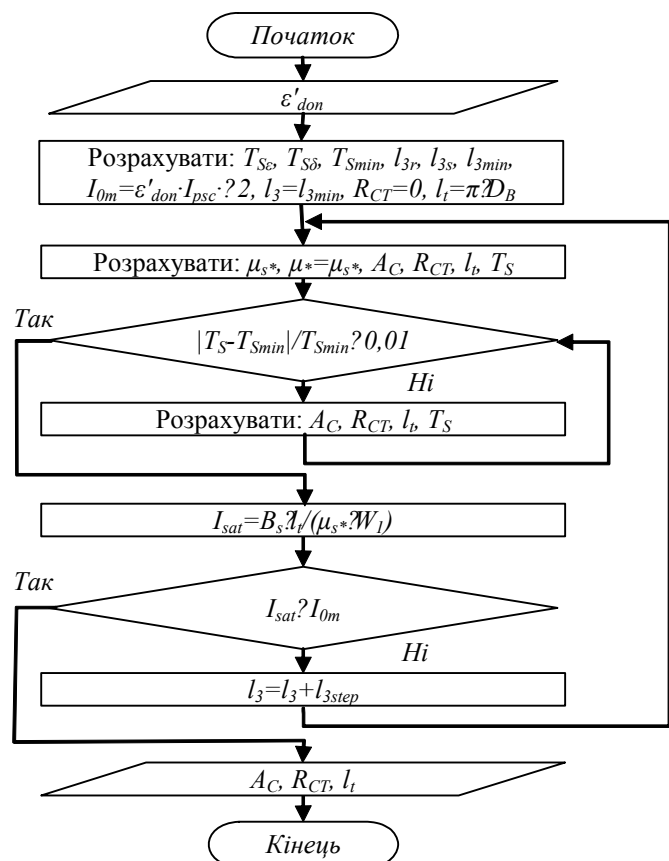


Рис. 3

для двократного циклу ввімкнення та розробленого алгоритму розрахунку параметрів його електромагнітної системи перевірялась за допомогою математичної моделі трансформатора (*Saturable Transformer*) у системі *MATLAB+Simulink* за схемою, зображеною на рис. 4.

Результати моделювання давача (розраховані за алгоритмом рис. 3 за різної тривалості замикань і різних значень вторинного навантаження параметри його електромагнітної системи) у перехідних та усталених режимах роботи вказують на те, що вимоги до його точності забезпечуються. Так, для давача, перехідний процес в якому за нормованого двократного робочого циклу з $t' = 0,07$ с, $t_{fr} = 0,07$ с; $t'' = 0,07$ с, $K_{ssc} = 10$, $f = 50$ Гц, $T_p = 0,1$ с, показаний на рис. 5, одержано такі метрологічні характеристики: 1) $|f_i| = |-0,3\%| < |\pm 1,0\%|$ та $|\delta_i| = |11'| < |\pm 60'|$; 2) $\varepsilon = 0,3\% < 5\%$; 3) $|\varepsilon'| = |-9,3\%| < 10\%$.

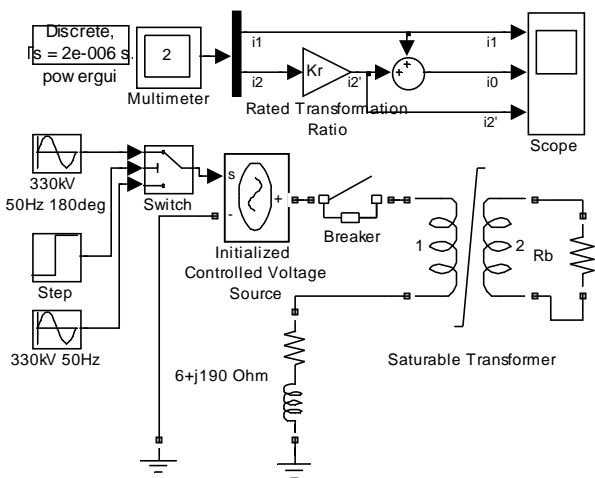


Рис. 4

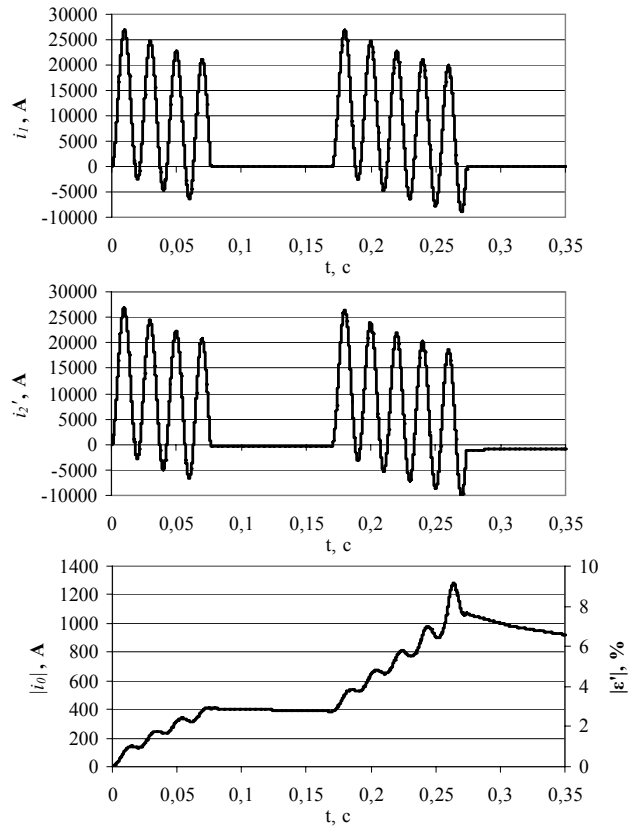


Рис. 5

Таблиця 1

| Час тривалості першого замикання, t' , с | Номінальне вторинне навантаження, S_{2H} , ВА ($\cos\varphi=1,0$) | Відносна довжина зазору, l_3/l_{cm} | Площа поперечного перерізу осердя, A_C , cm^2 | Довжина середньої лінії, l_s , м | Активний опір вторинної обмотки, R_{CT} , Ом |
|--|---|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| ∞ | 0,33 | 0,00042 | 15,64 | 1,43 | 1,59 |
| 0,09 | 0,33 | 0,00044 | 9,8 | 1,41 | 1,23 |
| ∞ | 10 | 0,0004 | 123 | 1,67 | 3,57 |
| 0,09 | 10 | 0,0004 | 79 | 1,58 | 2,96 |

Таблиця 2

| Час тривалості повторного замикання, t'' , с ($t' = 0,09$ с, $t_{fr} = 0,4$ с) | Номінальне вторинне навантаження, S_{2H} , ВА ($\cos\varphi=1,0$) | Відносна довжина зазору, l_3/l_{cm} | Площа поперечного перерізу осердя, A_C , cm^2 | Довжина середньої лінії, l_s , м | Активний опір вторинної обмотки, R_{CT} , Ом |
|---|---|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| ∞ | 0,33 | 0,0004 | 32 | 1,48 | 2,06 |
| 0,04 | 0,33 | 0,0004 | 12,88 | 1,43 | 1,49 |
| ∞ | 10 | 0,0004 | 236 | 1,80 | 4,75 |
| 0,04 | 10 | 0,0004 | 109 | 1,64 | 3,39 |

Висновки. Розроблено теоретичне обґрунтування методики розрахунку параметрів електромагнітної системи давача електронного трансформатора струму для захисту з нормованими метрологічними характеристиками в перехідних режимах енергосистем як з одно-, так і з двократним робочим циклом включення. Зокрема, одержано математичні моделі максимального значення струму намагнічування давача та часу його досягнення, максимального

миттєвого значення повної похибки давача та розроблено алгоритм розрахунку параметрів його електромагнітної системи.

Правильність алгоритму перевірено шляхом порівняння значень метрологічних характеристик давача, одержаних у результаті математичного моделювання перехідних процесів у ньому, з їх значеннями, заданими в розрахунку параметрів електромагнітної системи давача.

Зазначену методику буде покладено в основу розробки електромагнітного давача для вітчизняного електронного трансформатора струму, що є одним із найважливіших компонентів цифрових підстанцій енергосистем.

1. *Гречко В.В., Варський Г.М., Танкевич Є.М.* Визначення вимог до метрологічних характеристик електромагнітного давача електронного трансформатора струму // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2014. – Вип. 39. – С. 121–127.
2. *Гречко В.В., Танкевич Є.М.* Особливості побудови та характеристик електронних вимірювальних трансформаторів з цифровим виходом // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ. Спец. вип. – 2013. – С. 161–168.
3. *Танкевич Є.М., Варський Г.М., Гречко В.В.* Математичне моделювання та вибір електромагнітної системи вимірювального трансформатора струму з цифровим виходом // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2011. – № 6. – С. 76–80.
4. *Сирота И.М.* Переходные режимы работы трансформаторов тока. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 192 с.
5. *International Standard IEC 61850: Communication networks and systems in substations - Part 1: Introduction and overview.* – 2003. – 42 p.
6. *International Standard IEC 61869: Instrument Transformers - Part 2: Current Transformers.* – 2010. – 76 p.
7. *International Standard IEC 60044-8: Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers.* – Geneva. – 2007. – 120 p.
8. *Davarpanah M., Sanaye-Pasand M.* Improved Gapped-Core CT Dimensioning Algorithm Considering Relay and System Requirements // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2013. – Vol. 28, Issue 2. – P. 788–796.

УДК 621.314

Г.М. Варський, канд. техн. наук, **В.В. Гречко**, асп., **Е.Н. Танкевич**, докт. техн. наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Определение параметров электромагнитной системы датчика электронного трансформатора тока с нормируемыми метрологическими характеристиками в переходных режимах работы

На основе полученных аналитических выражений для тока намагничивания электромагнитного датчика электронного трансформатора тока для защиты с нормируемыми метрологическими характеристиками в переходных режимах энергосистем определен ряд характеристик переходного процесса в датчике при двукратном цикле включения и разработан алгоритм расчета параметров его электромагнитной системы. Рассчитаны параметры электромагнитной системы датчика при разной длительности замыканий и разных значениях вторичной нагрузки. Правильность расчетов подтверждена на математической модели трансформатора тока (ТТ). Библ. 8, рис. 5, табл. 2.

Ключевые слова: датчик, электронный трансформатор тока, переходный режим, электромагнитная система.

H. Varskyi, V. Hrechko, E. Tankevych

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Calculation of electromagnetic system parameters of sensor for electronic current transformer with standardised transient performance

On the basis of proposed analytical expressions of magnetization current of electromagnetic sensor for protective electronic current transformer with standardised transient performance, a set of sensor characteristics under autoreclosing duty cycle has been derived and algorithm of calculation of electromagnetic system parameters of the sensor has been developed. Electromagnetic system parameters of the sensor were calculated for different fault durations and secondary burdens. Validity of calculations was verified with CT mathematical model. References 8, figures 5, tables 2.

Key words: sensor, electronic current transformer, transient state, electromagnetic system.

Надійшла 16.07.2015

Received 16.07.2015