

УДК 621.314

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВАКУУМНИМИ ПЕРЕМИКАЧАМИ ВІДГАЛУЖЕНЬ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

С. М. Левицький

Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна. E-mail: levitskiy@vntu.edu.ua

Розроблено закон управління, математичну модель та структуру узгоджувального пристрою систем управління пристроями РПН силових трансформаторів, що враховують послідовність проведення перемикачів у сучасних вакуумних РПН. Урахування миттєвого значення струму в короткозамкненій секції обмотки трансформатора дозволяє вибрати оптимальний момент для комутації вакуумного перемикача. В свою чергу, це дозволяє проводити перемикачів при найменшому струмі розриву та збільшити термін експлуатації виконавчих ланок систем автоматичного управління силовими трансформаторами. Математична модель функціонування узгоджувального пристрою складена з використанням математичного апарату секвенцій. Запропонована структура пристрою передбачає роботу зі стандартними сигналами серійних автоматичних регуляторів напруги силових трансформаторів, легко може бути реалізована на базі програмованих логічних контролерів та інтегруватись в існуючі системи диспетчерського управління електроенергетики.

Ключові слова: вакуумний перемикач, трансформатор, управління.

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕННЯ ВАКУУМНИМИ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯМИ ОТВЕТВЛЕНИЙ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

С. М. Левицький

Вінницький національний технічний університет

ул. Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина. E-mail: levitskiy@vntu.edu.ua

Разработано закон управления, математическую модель и структуру согласующего устройства систем управления устройствами РПН силовых трансформаторов, которые учитывают последовательность проведения переключений в современных вакуумных РПН. Учет мгновенного значения тока в короткозамкнутой секции обмотки трансформатора позволяет выбрать оптимальный момент для коммутации вакуумного переключателя. В свою очередь это позволит проводить переключение при наименьшем токе разрыва и увеличить срок эксплуатации исполнительных элементов систем автоматического управления силовыми трансформаторами. Математическая модель функционирования согласующего устройства составлена с использованием аппарата секвенций. Предложенная структура устройства предусматривает работу со стандартными сигналами серийных автоматических регуляторов напряжения силовых трансформаторов, легко может быть реализована на базе программируемых логических контроллеров и интегрирована в существующие системы диспетчерского управления электроэнергетики.

Ключевые слова: вакуумный переключатель, трансформатор, управление.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Проблемою ефективності роботи вітчизняних систем автоматичного керування силовими трансформаторами є ускладнене узгодження сигналів, які формуються локальними автоматичними регуляторами напруги, централізовано за допомогою програмованих логічних контролерів чи децентралізованих структур із послідовністю функціонування сучасних пристроїв РПН. У міру зношення пристроїв РПН енергопостачаючі організації змушені їх поступово замінювати на нові, більш надійні та досконалі за зношені, але їх конструкція вимагає вдосконалення й існуючих законів регулювання напруги та засобів для їх реалізації.

Одним із ключових варіантів побудови систем автоматичного керування (САК) трансформаторами, який забезпечує високу точність регулювання напруги та водночас дозволяє економно використовувати ресурс пристроїв перемикачів регулювальних відгалужень, є використання такого закону регулювання, в якому враховується похідна обвідної напруги на шинах підстанції. Такий варіант розроблено в роботі [1]. Подібні закони регулювання

дозволяють провадити перемикачів вітчизняними пристроями РПН типу РНОА або подібними, схеми управління приводами та контакторами яких узгоджуються з сигналами «Збільшити» або «Зменшити» автоматичного регулятора. В роботі [2] розглядається вбудована підсистема діагностування виконавчого тракту автоматичного управління пристроєм РПН, яка при прогресивному підході до закону формування сигналу управління використовує алгоритм перемикачів РПН застарілого зразка.

Найбільш надійні та бажані в експлуатації на сучасному етапі вакуумні пристрої РПН працюють за іншою послідовністю перемикачів [3]. Це вимагає вдосконалення структур, програмного забезпечення регуляторів, доповнення існуючих законів управління необхідними параметрами та залежностями, за якими провадиться перемикачів в сучасних РПН.

Мета роботи – синтез структури пристрою для управління вакуумними перемикачами відгалужень силових трансформаторів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У роботі [1] запропоновано реалізацію регулятора

САК трансформаторами з пристроями РПН, вихідними сигналами якого є активація дискретних виходів «Збільшити» та «Зменшити», що ініціюють проведення перемикачів пристроєм РПН. Для управління вакуумним пристроєм РПН цих сигналів недостатньо – регулятор потрібно доповнити вихідними сигналами на комутацію вакуумного перемикача, байпасних контакторів та узгодити часову послідовність формування команди на переміщення приводу виборця відгалуження з командами, які віддаються на комутацію контакторів та перемикача. Синтезована структура пристрою повинна легко реалізовуватись як апаратно, на елементній базі цифрової схемотехніки, так і програмно, з допомогою мов програмування стандарту МЕК 611–31(3).

Першим кроком до врахування відмінностей в алгоритмах перемикачів звичайного та вакуумного пристрою РПН є врахування миттєвого значення струму в короткозамкненій секції трансформатора, яка виявляється кожен раз при проміжному положенні перемикача відгалужень: виборець знаходиться на відгалуженні N, а передвиборець – на відгалуженні N+1 (або –1). Закон регулювання напруги, який запропоновано в роботі [1], доповнимо змінною миттєвого значення струму комутуваної секції $i_k(t)$:

$$u(t) = K_1 \cdot ((U(t) - U_y) - K_2(I(t) - I_{min}));$$

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{н.н}}, & \text{якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.3}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.3}; \\ \frac{dU_{oz}}{dt} \leq 0; i_k(t) = 0; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{н.н}}, & \text{якщо } u_{н.3} < u(t) < u_{в.3}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{н.н}}, & \text{якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{в.3}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.3}; \\ \frac{dU_{oz}}{dt} \geq 0; i_k(t) = 0; \end{cases} \end{cases}, \quad (1)$$

де K_m – коефіцієнт трансформації трансформатора з РПН; $u(t)$ – приведена напруга на шинах підстанції з урахуванням струмової компенсації; $u_{н.3}$, $u_{в.3}$ – нижня і верхня межа зони нечутливості, які задаються з умов надійності; U_y – уставка регулятора, яка відповідає номінальній напрузі $U_{ном}$ на шинах підстанції; $U(t)$ – поточне значення цієї напруги; I_{min} – струм, що знімається з шин підстанції в режимі мінімуму навантаження; $I(t)$ – поточне значення цього струму; $U_{н.н}$ – напруга на шинах низької напруги трансформатора; U_i – напруга, що індукується в обмотці високої напруги трансформатора при підключенні i -го відгалуження; K_1 – коефіцієнт, який характеризує чутливість регулятора; K_2 – коефіцієнт, який визначає нахил характеристики зу-

стрічного регулювання; τ_3 – час затримки сигналу; dU_{oz}/dt – похідна огинаючої контрольованої напруги; $\Delta U = u_{в.3} - U_{ном} = U_{ном} - u_{н.3}$; $u_{в.31}$, $u_{н.31}$ – верхня і нижня границі зони нечутливості, обумовленої якістю регулювання напруги.

Стани вакуумного пристрою РПН, які відповідають послідовності перемикачів в напрямку «Збільшити» номер відгалуження, наведено на рис. 1.

При переході на регульоване відгалуження в напрямку «Зменшити» та номер N–1 пристрій переходить через стани S₁₀–S₁ у зворотному напрямку, однак на систему при переході передвиборця та виборця на сусіднє відгалуження діє інший сигнал, який повинен поступати від іншої котушки реверсивного пускача електроприводу КМ2. Тому стани пристрою при проведенні перемикачів в зворотному напрямку не можна вважати ідентичними до наведених. Таким чином, вся послідовність перемикачів вакуумним пристроєм РПН описується 21 станом (1 статичний та 20 перехідних) – від S₀ до S₂₀. Для опису всіх станів системи достатньо використати вісім тригерів, що запам'ятовуватимуть переходи між сусідніми станами. Така кількість обумовлена тим, що ряд переходів між станами, що супроводжуються спрацюванням контакторів К, К1 та К2 при ініціації перемикачів, здійснюються з часовою затримкою τ , необхідною для закінчення електричних перехідних процесів у колах превентивних перехідних процесів у колах превентивних автотрансформаторів АТ. Інший ряд переходів здійснюється без часової затримки. Такими є переходи від стану S₃ до S₄ та від S₈ до S₉ (відключення приводу по спрацюванні кінцевого вимикача положення виборця на вибраному відгалуженні (N1 – передвиборець, N2 – виборець) та одночасне замикання вакуумного перемикача К). Позначимо сигнали «Збільшити» та «Зменшити» автоматичного регулятора відповідно U та D, а сигнал нульового миттєвого значення струму $i_k(t) - I_k$.

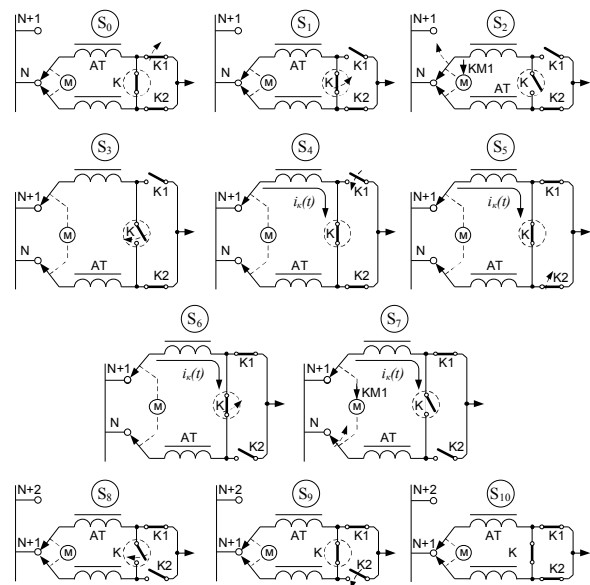


Рисунок 1 – Стани вакуумного пристрою РПН при переході на регульоване відгалуження N+1 в напрямку «Збільшити»

Структурна схема виконавчого тракту САК трансформатором, яка функціонуватиме відповідно до закону керування (1) з урахуванням зазначених станів і сигналів, наведена на рис. 2 і працює відпо-

відно до зазначених станів і зручно описуватиметься системою секвенцій [4].

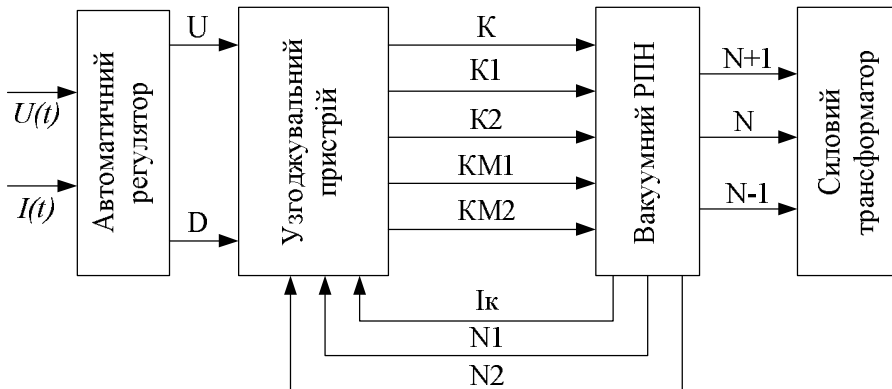


Рисунок 2 – Структурна схема виконавчого тракту САК трансформатором з вакуумним пристроєм РПН

$$\begin{cases}
 S_{10} \vee S_{20} \vee (\bar{U} \wedge \bar{D}) \mapsto S_0; & S_{17} \cdot \tau \mapsto S_{18}; \\
 U \mapsto S_1; & S_{18} \cdot \lrcorner N1 \mapsto S_{19}; \\
 Ik \cdot S_1 \cdot \tau \mapsto S_2; & S_{19} \cdot \tau \mapsto S_{20}; \\
 S_2 \cdot \tau \mapsto S_3; & S_3 \vee S_8 \mapsto KM1; \\
 S_3 \cdot \lrcorner N1 \mapsto S_4; & S_{13} \vee S_{18} \mapsto KM2; \\
 S_4 \cdot \tau \mapsto S_5; & S_{13} \cdot \lrcorner N2 \mapsto S_{14}; \\
 \bar{S}_5 \lrcorner \mapsto S_6; & S_{14} \cdot \tau \mapsto S_{15}; \\
 Ik \cdot S_6 \cdot \tau \mapsto S_7; & \bar{S}_{15} \lrcorner \mapsto S_{16}; \\
 S_7 \cdot \tau \mapsto S_8; & Ik \cdot S_{16} \cdot \tau \mapsto S_{17}; \\
 S_8 \cdot \lrcorner N2 \mapsto S_9; & S_1 \vee S_4 \vee S_{16} \vee S_{19} \mapsto K1; \\
 S_9 \cdot \tau \mapsto S_{10}; & S_6 \vee S_9 \vee S_{11} \vee S_{14} \mapsto K2; \\
 D \mapsto S_{11}; & S_2 \vee S_{12} \vee S_3 \vee S_{13} \mapsto K; \\
 Ik \cdot S_{11} \cdot \tau \mapsto S_{12}; & S_7 \vee S_{17} \vee S_8 \vee S_{18} \mapsto K. \\
 S_{12} \cdot \tau \mapsto S_{13}; &
 \end{cases} \quad (2)$$

Зазначеним рівнянням станів відповідає система рівнянь для восьми тригерів (елементів пам'яті), які запам'ятовують відповідні стани.

$$\begin{cases}
 S_0 \in \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{11} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_1 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{12} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_2 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{13} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_3 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 T_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{14} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_4 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{15} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_5 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{16} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_6 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{17} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_7 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 T_4 \bar{T}_5 T_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{18} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_8 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 T_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{19} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_9 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{20} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \\
 S_{10} \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; &
 \end{cases} \quad (3)$$

Після підстановки (3) в систему секвенцій (2) та спрощення виразів отримуємо систему рівнянь, які описують структуру узгоджувального пристрою, складеного з кінцевих автоматів:

$$\begin{cases}
 U \mapsto T_1; & N2 \mapsto \bar{T}_6; \\
 D \mapsto \bar{T}_1; & T_5 \cdot \tau \mapsto T_7; \\
 D \mapsto T_2; & N1 \mapsto \bar{T}_7; \\
 U \mapsto \bar{T}_2; & T_6 \cdot \tau \mapsto T_8; \\
 U \vee \bar{T}_4 \lrcorner \mapsto T_3; & N2 \mapsto \bar{T}_8; \\
 N1 \cdot \tau \mapsto \bar{T}_3; & T_3 \mapsto K1; \\
 D \vee \bar{T}_4 \lrcorner \mapsto T_4; & T_4 \mapsto K2; \\
 N2 \cdot \tau \mapsto \bar{T}_4; & (T_5 \oplus T_6) \wedge Ik \mapsto K; \\
 T_3 \cdot \tau \mapsto T_5; & (T_7 \oplus T_8) \wedge T_1 \mapsto KM1; \\
 N1 \mapsto \bar{T}_5; & (T_7 \oplus T_8) \wedge T_2 \mapsto KM2. \\
 T_4 \cdot \tau \mapsto T_6; &
 \end{cases} \quad (4)$$

Структурна схема, яка реалізує систему рівнянь узгоджувального пристрою для перемикання відгалужень вакуумним РПН, наведена на рис. 3.

У схемі на рис. 3: 1 і 2 – імпульсні елементи на основі одновібраторів для захвату переднього фронту сигналів N1 та N2; 3 і 4 – імпульсні елементи на основі одновібраторів із функцією інверсії для захвату заднього фронту сигналів із тригерів T4 та T3 відповідно; 5 і 6 – логічні елементи «виключне АБО», 7 – нуль-компаратор.

Розглянемо роботу схеми на рис. 3 відповідно до послідовності перемикання в напрямку «Збільшити». Імпульсний сигнал U встановлює тригери T1 та T3. Тригером T3 подається сигнал на розмикання контактора K1, а сигналом з тригера T1 відкривається логічний елемент I, який готує канал до вмикання пускача KM1 для переміщення електроприводом контактів виборця заданого відгалуження.

Через час, який встановлюється витримкою τ , встановлюється тригер T_5 . Сигнал тригера T_5 через логічний елемент виключного АБО подається на контактор вакуумного перемикача, який розімкнеться одразу, оскільки струм між обмотками превентивних автотрансформаторів АТ у даному стані рівний нулю.

Після встановлення тригера T_5 і розмикання вакуумного перемикача K із витримкою часу встановлюється тригер T_7 , сигнал з якого через логічний елемент виключного АБО подається в відкритий тригером T_1 канал вмикання приводу КМ1 для переміщення виборця на наступне відгалуження $N+1$. Після переміщення виборця на задане відгалуження спрацьовує кінцевий вимикач досягнення заданого положення виборцем і подає сигнал $N1$ в пристрій управління. Передній фронт цього сигналу фіксується одновібратором 1, який формує імпульс з тривалістю, близькою до $1,5\tau$. Тривалості цього імпульсу достатньо для скиду тригерів T_7 і T_5 , а

також з витримкою часу T_3 . При скиді тригерів припиняється переміщення валу РПН, замикається коло вакуумного перемикача K , через який починає протікати струм короткозамкненої секції $i_k(t)$.

Скид тригера T_3 приводить до замикання контактора $K1$ і встановлення тригера T_4 за допомогою одновібратора 4 з інверсією на вході. Тригером T_4 подається сигнал $K2$ на розімкнення байпасного контактора $K2$ та сигнал на встановлення з витримкою часу тригерів T_6 та T_8 . Послідовність встановлення та скиду тригерів T_6 , T_8 така ж, як і в тригерів T_5 та T_7 . Тригер T_6 , як і тригер T_5 , відповідає за стан сигналу на комутацію вакуумного перемикача K , однак одночасна подача сигналів блокується елементом «виключне АБО» 5. При встановленні тригеру T_6 вакуумним перемикачем K мусить бути розімкнений струм в короткозамкненій секції, тому момент подачі сигналу на розмикання синхронізується з миттєвим значенням струму, що повинен в момент розмикання бути рівним 0.

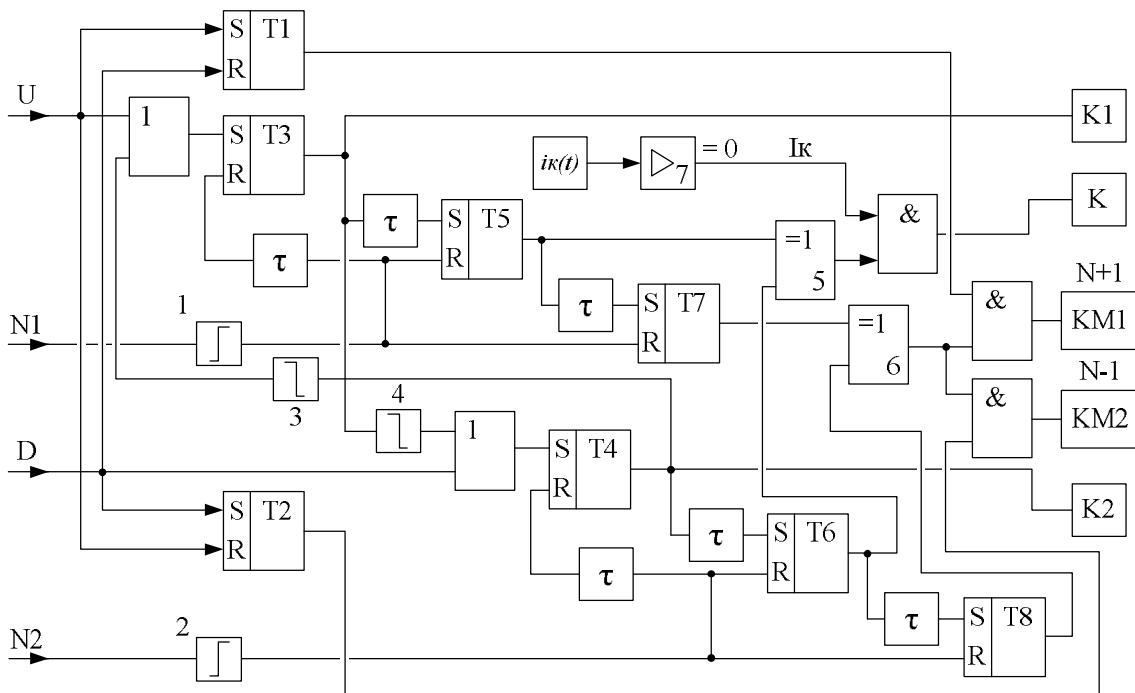


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою для управління вакуумними РПН

Цей момент встановлюється за допомогою нуль-компаратора 7, миттєве значення струму вимірюється за допомогою сенсора струму на ефекті Холла.

Після розмикання обох контакторів $K2$ та K тригером T_8 подається сигнал на чергове вмикання пускача приводу переміщення валу РПН КМ1, який переводить другий виборець на задане відгалуження.

Після досягнення другим виборцем заданого відгалуження спрацьовує кінцевий вимикач, подаючи сигнал $N2$ в схему пристрою, тригери T_8 , T_6 і T_4 повертаються у вихідний стан. При цьому в силовій схемі відбувається зупинка приводу шляхом відключення пускача КМ1, замикання вакуумного перемикача K та байпасного контактора $K2$. По завершенні комутацій схема переходить у вихідний стан S_0 .

Розроблена структурна схема може бути реалізованою на елементах цифрової схемотехніки, або програмно на одній з мов програмування стандарту МЕК-611-31(3) для програмованих логічних контролерів [5].

ВИСНОВКИ. Запропоновано закон регулювання напруги для трансформаторів, оснащених вакуумними пристроями РПН, що враховує наявність байпасних контакторів та вакуумного перемикача, послідовність їх перемикачів відповідно до типових вихідних сигналів регуляторів і дозволяє збільшити строк експлуатації виконавчих ланок систем керування трансформаторами.

Синтезовано структуру пристрою управління вакуумними РПН, що дозволяє збільшити надійність пристрою РПН шляхом вибору моменту розмикання кон-

тактів вакуумного перемикача, що відповідає нульовому миттєвому значенню струму комутованої секції обмотки трансформатора. Структуру пристрою можна реалізовувати схемотехнічно та програмно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматические регуляторы в электрических сетях / Б.И. Мокин, Ю.Ф. Выговский. – К.: Техника, 1985. – 104 с.
2. Грабко В. В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями

РПН: монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 109 с. – ISBN 966-641-115-6.

3. MR Publication. On-Load Tap-Changers for Power Transformers. A Technical Digest // Maschinenfabrik Reinhausen GmbH: Regensburg, Germany, 2006. – 28 p. – PB 252/03en.
4. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с.
5. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.

THE SYNTHESIS OF THE DEVICE'S STRUCTURE FOR THE VACUUM TAP CHANGER'S CONTROL OF POWER TRANSFORMERS

S. Levitskiy

Vinnitsia National Technical University

vul. Khmelnytske shose, 95, Vinnitsia, 21021, Ukraine. E-mail: levitskiy@vntu.edu.ua

The paper presents the control law, mathematical model and structure of the matching device for the controlling system over the OLTC (on-load tap changers) of the power transformers, which take into account the operating procedure of the modern vacuum tap changers. The account of the instantaneous current in the short-circuited section of transformer's winding gives the optimal moment for vacuum switch commutation. That is possible to realize the switching within least disconnection current and increase the lifetime of actuating elements of the power transformer's control system in turn. The mathematical model of the matching device's operation is composed by means of sequence method. The proposed structure of the device provides the operation with standard signals of commercial automatic voltage regulators of power transformers. It can be easily realized on the programmable logic controllers base and imploded into existent supervisory control systems of electric-power industry.

Key words: vacuum tap changer, transformer, control.

REFERENCES

1. Mokin, B.I., Vigovskyi, Yu.F. (1985), *Avtomaticheskiye regulatory v elektricheskikh setyah* [Automatic regulators in the power networks], Tehnika, Kiev, Ukraine.
2. Grabko, V.V. (2005), *Modeli I zasoby reguluvannya napruhy za dopomogoyu transformatoriv z prystroyamy RPN* [Models and means of voltage regulation by means of transformers with OLTC devices], Univer-sum, Vinnitsya, Ukraine.
3. (2006), *MR Publication On-Load Tap-Changers for Power Transformers. A Technical Digest*,

Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg, Germany, PB 252/03en.

4. Zaharov, V.N. (1975), *Avtomaty s raspredelyonnoy pam'atyyu* [The automatic with distributed memory] Energiya, Moscow, Russia.
5. Petrov, I.V. (2004), *Programmiruyemye kontrolery. Standartnyie yazyki i priyomy prikladnogo programmirovaniya* [Programmable controllers. Standard languages and receptions of application programming]. Solon-Press, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 26.06.2014.