

В. В. Грабко

**МОДЕЛІ І ЗАСОБИ  
РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАНСФОРМАТОРІВ  
З ПРИСТРОЯМИ РПН**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**В. В. Грабко**

**МОДЕЛІ І ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАНСФОРМАТОРІВ З  
ПРИСТРОЯМИ РПН**

**Монографія**

УНІВЕРСУМ-Вінниця  
2005

УДК 621.314: 681.53

Г 75

*Рецензенти:*

доктор технічних наук, професор **О. Ю. Лозинський**

доктор технічних наук, професор **П. Д. Лежнюк**

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 6 від 27.01.2005 р.)

**Грабко В. В.**

Г75      Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 109 с.

ISBN 966-641-115-6

В монографії здійснено огляд та аналіз існуючих методів і пристроїв регулювання напруги за допомогою силових трансформаторів з пристроями РПН. Описані розроблені автором нові закони регулювання напруги та побудовані на їх основі пристрої, що дозволяють підвищувати якість та надійність електропостачання споживачів електроенергії.

Книга розрахована на інженерно-технічних працівників електро-технічної промисловості та електроенергетики, що займаються експлуатацією електричних мереж, а також може бути корисною студентам та аспірантам ВНЗ.

**УДК 621.314: 681.53**

**ISBN 966-641-115-6**

© В. В. Грабко, 2005

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.....	7
1.1. Види регулювання напруги в електричних мережах .....	7
1.2. Регулювання напруги зміною коефіцієнта трансформації силових трансформаторів.....	12
1.2.1. Трансформатори з ПБЗ.....	12
1.2.2. Трансформатори з механічними пристроями РПН.....	13
1.2.3. Трансформатори з безконтактними пристроями РПН.....	32
РОЗДІЛ 2. ЗАКОНИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ.....	38
2.1. Закон регулювання напруги силового трансформатора з пристроєм РПН.....	38
2.2. Закон регулювання для дворівневої системи регулювання напруги.....	41
РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ СТРУКТУР СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.....	46
3.1. Вибір математичного апарата, придатного для розв'язання задачі .....	46
3.2. Синтез структури регулятора системи регулювання напруги силового трансформатора з пристроєм РПН .....	48
3.3. Практична реалізація синтезованої структури регулятора системи регулювання напруги силового трансформатора з пристроєм РПН.....	51
3.4. Синтез структури блока прийняття рішення дворівневої системи регулювання напруги в електричних мережах .....	65
3.5. Практична реалізація синтезованої структури блока прийняття рішення.....	69
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ.....	71
4.1. Дослідження роботи системи регулювання напруги силового трансформатора з пристроєм РПН .....	71

4.1.1. Математична модель для дослідження роботи системи.....	71
4.1.2. Комп'ютерне моделювання роботи системи регулювання напруги силового трансформатора і дослідження її на стійкість .....	74
4.2. Дослідження роботи дворівневої системи регулювання напруги в електричних мережах .....	78
4.3. Оптимізація параметрів регулятора нижнього рівня .....	87
4.4. Оптимізація порогового коефіцієнта блока прийняття рішення.....	89
<b>РОЗДІЛ 5. ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.....</b>	<b>93</b>
5.1. Мікропроцесорна реалізація регулятора напруги нижнього рівня .....	93
5.2. Мікропроцесорна реалізація блока прийняття рішення з оптимізацією порогового коефіцієнта .....	95
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>98</b>

## ВСТУП

В теперішній час показники якості напруги на споживачах електроенергії часто не відповідають встановленим нормам [1]. Це притаманне як для виробничих, так і для міських мереж [2].

Проблема якості електричної енергії тісно пов'язана з надійністю і ресурсом роботи різного роду споживачів [3, 4], більш того, особливо вимогливі споживачі можуть функціонувати лише при високій якості напруги [5].

Існують три основні групи методів підвищення якості електроенергії [6]. В першу чергу, це раціоналізація засобів електропостачання. До цієї групи відносять підвищення потужності мережі, живлення нелінійних споживачів підвищеною напругою тощо. Друга група передбачає удосконалення самих споживачів: номінальне завантаження електродвигунів, використання багатофазних схем випрямлення, введення до складу споживача коригувальних пристроїв тощо. Третя група передбачає використання пристроїв корекції якості – регуляторів одного або деяких параметрів електроенергії.

Найкращою за економічним фактором сьогодні є третя група методів, оскільки зміна структури мережі або оновлення всіх споживачів призведе до значних затрат. Отже, для забезпечення надійної роботи існуючого обладнання необхідне розроблення методів і засобів регулювання якості електричної енергії.

Найважливішим параметром якості електроенергії є рівень напруги. Відхилення напруги, особливо в бік її зменшення, спричиняють збитки в усіх галузях промисловості [7, 8]. Також при пониженнях напруги збільшуються втрати потужності в електромережах [9 – 11]. В теперішній час в енергосистемах застосовується велика кількість пристроїв, які забезпечують підтримання режиму напруги. Це в першу чергу трансформатори з регульованим під навантаженням коефіцієнтом трансформації, конденсаторні батареї, реактори, синхронні компенсатори, генератори електростанцій тощо [12]. Вказані пристрої оснащуються регуляторами, які забезпечують підтримання напруги на певному рівні.

Основними засобами регулювання напруги в електричних мережах є силові трансформатори з пристроями регулювання під навантаженням (РПН). Ресурс механічних контактів пристрою РПН силового трансформатора порівняно малий, оскільки доводиться комутувати робочі струми. Ремонт пристрою РПН – операція трудомістка (з баку трансформатора потрібно зливати масло), і вартість такого ремонту значна. Крім того додаються збитки від припинення електропостачання споживачів. Все це призводить до того, що оперативний персонал підстанцій намагається проводити перемикання відпайок силового трансформатора якомога рідше. З цієї причини автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів, як правило, відключаються. Відповідно якість напруги значно знижується, а втрати від неякісного електропостачання зростають. Вирішенням цієї проблеми присвячені наступні розділи роботи.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

### 1.1. Види регулювання напруги в електричних мережах

Для підтримання рівня напруги на затискачах споживача в допустимих межах в різних місцях електричної мережі проводять регулювання напруги, яке може бути централізованим або локальним [12].

Централізоване регулювання напруги проводиться у вузлах електричних мереж і використовується при живленні великої кількості споживачів (велике підприємство, місто). В такому регулюванні можна виділити три підходи: стабілізація напруги, двоступінчасте регулювання напруги і зустрічне регулювання напруги.

Стабілізація напруги застосовується для споживачів з практично незмінним навантаженням, наприклад для тризмінних підприємств, де рівень напруги необхідно підтримувати постійним протягом доби. Добовий графік таких споживачів приведений на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Добовий графік для споживачів з незмінним навантаженням

Для споживачів з чітко вираженим двоступінчастим графіком навантаження (рис. 1.2), наприклад, для однозмінних підприємств, застосовують двоступінчасте регулювання напруги. При цьому під-



тримуються два рівні напруги впродовж доби у відповідності з графіком навантаження.

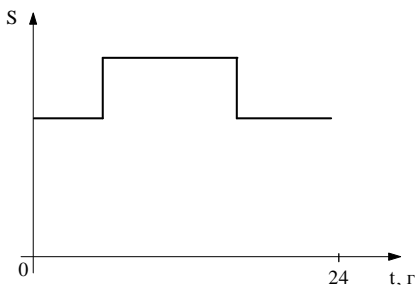


Рис. 1.2. Добовий графік для споживачів з двоступінчастим навантаженням

У випадку змінного протягом доби навантаження (рис. 1.3) здійснюється так зване зустрічне регулювання. Для кожного значення навантаження будуть мати своє значення і втрати напруги, отже, і сама напруга буде змінюватись із зміною навантаження. Для того, щоб відхилення напруги не виходили за межі допустимих значень, необхідно регулювати напругу в залежності від струму навантаження.

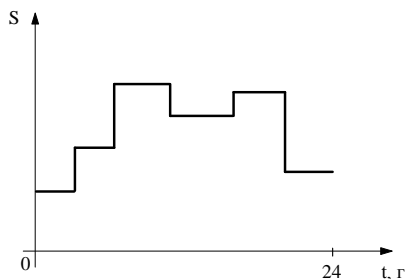


Рис. 1.3. Добовий графік споживачів із змінним навантаженням

Для детального розглядання зустрічного регулювання напруги використаємо схему, подану на рис. 1.4, а, де трансформатор представлений як опір трансформатора та ідеальний коефіцієнт трансформації  $n$  [12]. На рис. 1.4, а прийняті такі позначення:  $U_1$  – напруга на шинах центра живлення;  $U_{2В}$  – напруга на шинах високої напруги (ВН) районної підстанції;  $U_{2Н}$  – напруга на шинах низької напруги (НН) районної підстанції;  $U_3$  – напруга у споживачів.

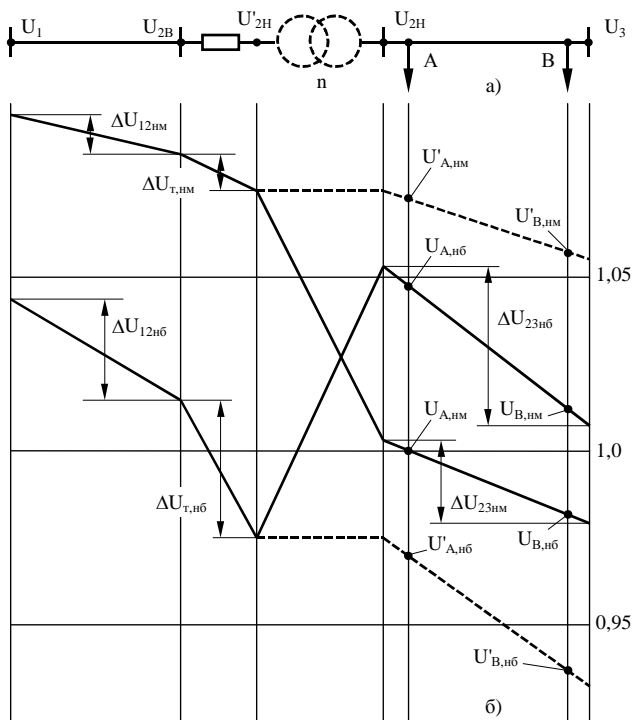


Рис. 1.4. Зустрічне регулювання напруги:  
 а – схема заміщення;  
 б – епюри напруг

Напруга на шинах ВН районної підстанції визначається формулою

$$U_{2B} = U_1 - \Delta U_{12}, \quad (1.1)$$

де  $\Delta U_{12}$  – падіння напруги в лінії 12.

Напруги на шинах ВН і НН відрізняються на величину втрат напруги в трансформаторі  $\Delta U_T$ , і, крім того, в ідеальному трансформаторі напруга понижується у відповідності з коефіцієнтом трансформації, що необхідно враховувати при виборі регульовального відгалуження.

На рис. 1.4, б представлені графіки зміни напруги для двох режимів: найменших та найбільших навантажень. При цьому по осі абсцис відкладені втрати напруги, а по осі ординат – значення відхилень напруги.

З рис. 1.4, б (пунктирні лінії) видно, що при  $n = 1$  в режимі мінімальних навантажень напруга у споживачів буде вище, а в режимі максимальних навантажень – нижче за допустиме значення (тобто відхилення  $U$  більші за допустимі). При цьому приймачі електроенергії, що під'єднані до мережі НН (тобто в точках А і В), працюватимуть в недопустимих умовах. Змінюючи коефіцієнт трансформації трансформатора районної підстанції  $n$ , змінюють  $U_{2H}$ , тобто регулюють напругу на споживачах (суцільна лінія на рис. 1.4, б).

В режимі найменших навантажень підвищують коефіцієнт трансформації  $n$ , зменшуючи вторинну напругу  $U_{2H}$  до значення, якомога ближчого до  $1,0U_{ном}$ . В даному режимі вибирають таке найбільше стандартне значення  $n$ , щоб виконувалась умова

$$U_{2H,нм} \geq 1,0 U_{ном}. \quad (1.2)$$

В режимі найбільших навантажень знижують  $n$ , збільшуючи напругу  $U_{2H}$  до значення, якомога ближчого до  $1,05U_{ном}$ . В цьому режимі вибирають таке найбільше стандартне значення  $n$ , щоб виконувалась умова

$$U_{2H,нб} \geq 1,05U_{ном}. \quad (1.3)$$

Таким чином, напруга на затискачах споживачів як віддалених, так і близькорозташованих вводиться в допустимі межі. При такому регулюванні в режимі найбільших навантажень напруга нижча і вона підвищується, а в режимі найменших навантажень, навпаки, напруга вища і вона понижується. Тому таке регулювання називається зустрічним.

Локальне регулювання напруги проводиться безпосередньо на споживачі (електродвигуні, електричній печі, відповідальній установці тощо) і поділяється на групове та індивідуальне. Групове регулювання застосовується для групи споживачів, а індивідуальне – в основному в спеціальних цехах.

Класифікація основних методів регулювання напруги приведена на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Класифікація методів регулювання напруги в електричних мережах

## 1.2. Регулювання напруги зміною коефіцієнта трансформації силових трансформаторів

Основним засобом регулювання напруги в розподільних мережах є трансформатори районних підстанцій, оскільки вони можуть узгодити вимоги до напруги близьких і віддалених споживачів [12 – 14].

Трансформатори можуть бути під'єднані в різних пунктах електричних мереж, в яких режим напруги заздалегідь, як правило, невідомий і, крім того, може змінюватись в процесі експлуатації мережі. Тому трансформатори мають крім основних ще й додаткові регульовальні відгалуження. Змінюючи ці відгалуження, можна дещо змінити коефіцієнт трансформації (в межах 10—20%).

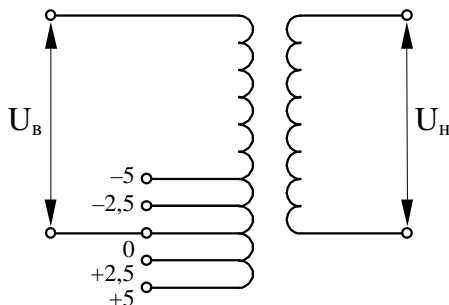
За конструктивним виконанням розрізняють трансформатори двох типів:

1) з перемиканням регульовальних відгалужень без збудження, тобто з відключенням від мережі (скорочено - трансформатори з ПБЗ);

2) з перемиканням регульовальних відгалужень під навантаженням (скорочено - трансформатори з РПН).

Як правило, регульовальні відгалуження виконуються на боці високої напруги ВН трансформатора, яка має менший робочий струм. При цьому спрощується перемикаючий пристрій.

**1.2.1. Трансформатори з ПБЗ.** В теперішній час трансформатори з ПБЗ виготовляють з основним і чотирма додатковими відгалуженнями. Принципова схема такого трансформатора приведена на рис. 1.6.



### Рис. 1.6. Принципова схема трансформатора з ПБЗ

Основне відгалуження має напругу, рівну номінальній напрузі мережі, до якої приєднується даний трансформатор (6, 10, 20 кВ). При основному відгалуженні коефіцієнт трансформації трансформатора називають номінальним. При використанні чотирьох додаткових відгалужень коефіцієнт трансформації відрізняється від номінального відповідно на +5%, +2,5%, -2,5% і -5%.

Для того, щоб здійснити перемикання регульовального відгалуження, необхідно відключити трансформатор від мережі. Такі перемикання виконуються рідко, практично лише при сезонній зміні навантажень. Тому в режимі найбільших і найменших навантажень впродовж доби (наприклад, вдень і вночі) трансформатор з ПБЗ працює на одному регульовальному відгалуженні і відповідно з одним і тим же коефіцієнтом трансформації. При цьому неможливо виконати вимоги зустрічного регулювання, що є основним недоліком трансформаторів з ПБЗ.

#### **1.2.2. Трансформатори з механічними пристроями РПН.**

Трансформатори з регулюванням напруги під навантаженням [15], тобто з вбудованим пристроєм РПН [16 – 18] (рис. 1.7, а) відрізняються від трансформаторів з ПБЗ наявністю спеціального перемикаючого пристрою, а також збільшеною кількістю ступенів регульовальних відгалужень і діапазоном регулювання.

На рис. 1.7, б зображена принципова схема трансформатора з РПН. Обмотка високої напруги ВН даного трансформатора складається з двох частин – регульованої та нерегульованої. На регульованій частині є ряд відгалужень до нерухомих контактів 1-4. Відгалуження 1-2 відповідають частині витків, які ввімкнуті узгоджено з витками основної обмотки (напряму струму вказаний на рис. 1.7, б стрілками). При вмиканні відгалужень 1-2 коефіцієнт трансформації збільшується. Відгалуження 3-4 відповідають частині витків, які з'єднані зустрічно по відношенню до витків основної обмотки. Їх вмикання зменшує коефіцієнт трансформації, оскільки компенсує дію частини витків основної обмотки. Основним виводом обмотки ВН трансформатора є точка 0. Число витків, діючих узгоджено і зустрічно з витками основної обмотки, може бути неоднаковим.

На регульованій частині обмотки є перемикаючий пристрій, який складається з рухомих контактів  $\epsilon$  і  $z$ , контакторів K1 і K2 та реактора P. Середина обмотки реактора з'єднана з нерегульованою частиною обмотки трансформатора. Зазначимо, що в сучасних пристроях РПН замість реактора використовуються активні опори. В нормальному режимі струм навантаження обмотки ВН розподіляється рівно між половинами обмотки реактора. Тому магнітний потік малий і втрати напруги в реакторі також малі.

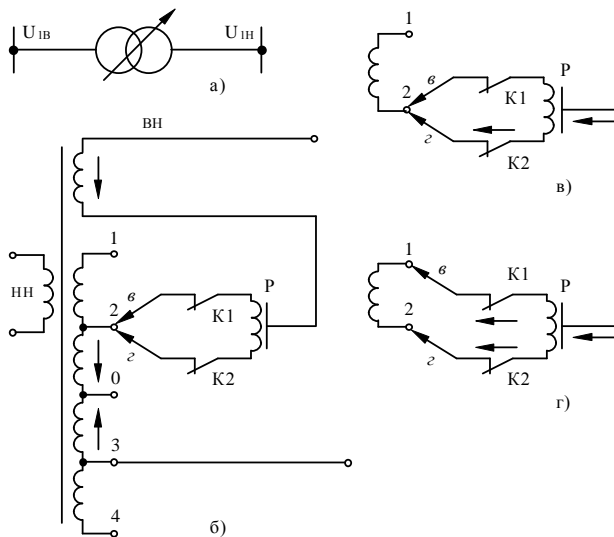


Рис. 1.7. Трансформатор з РПН: а – умовне позначення; б – принципова схема; в, г – перемикання відгалужень

Припустимо, що необхідно переключити пристрій з відгалуження 2 на відгалуження 1. При цьому вимикають контактор K1 (рис. 1.7, в), переводять рухомий контакт  $\epsilon$  на відгалуження 1 і знову вмикають контактор K1 (рис. 1.7, г). Таким чином, секція 1-2 обмотки виявляється замкнутою на обмотку реактора P. Значна індуктивність реактора обмежує урівнюючий струм, який виникає внаслідок наявності напруги на секції 1-2 обмотки. Після цього вимикають контактор K2, переводять рухомий контакт  $z$  на відгалуження 1 і вмикають контактор K2.

За допомогою РПН можливо перемикає відгалуження, змінюючи тим самим коефіцієнт трансформації, під навантаженням, тобто впродовж доби. При цьому можливо вибрати в режимах найбільших і найменших навантажень необхідні відгалуження і заокруглити їх до таких найближчих значень, щоб виконувались вимоги зустрічного регулювання.

Недоліками трансформаторів з РПН є їх висока вартість і обмежена кількість перемикачів, що знижує якість регулювання.

В [19] запропоновано трансформатор, який має дві гілки грубого регулювання і одну гілку тонкого регулювання. Зміна напруги проводиться з'єднанням (послідовно-паралельно) в різних комбінаціях регулювальних гілок. Даний спосіб регулювання напруги технічно реалізувати складніше, оскільки для отримання різних комбінацій з'єднання регулювальних гілок необхідно встановлювати складний пристрій перемикачів.

Часто трансформатори з РПН споряджаються автоматичними регуляторами, які реалізують певний закон регулювання напруги.

Найпростішим законом регулювання напруги є регулювання за її відхиленням. Відомий пристрій для регулювання напруги на силовому трансформаторі [20], який реалізує такий закон регулювання. Функціональна схема цього пристрою приведена на рис. 1.8.

На рис. 1.8: 1 – датчик струму; 2 – силовий трансформатор з РПН; 3, 4 – контакти слідування веденого вала перемикача; 5 – контакти реле запам'ятовування циклу перемикачів "Збільшити"; 6 – контакти реле запам'ятовування циклу перемикачів "Зменшити"; 7 – реле запам'ятовування циклу перемикачів "Збільшити"; 8 – реле запам'ятовування циклу перемикачів "Зменшити"; 9 – реле максимального струму; 10 – електропривод пристрою РПН; 11 – блокуючий елемент; 12 – трансформатор напруги; 13 – реле мінімальної напруги; 14 – реле максимальної напруги; 15 – контакти реле мінімальної напруги; 16 – контакти реле максимальної напруги; 17 – автоматичний регулятор напруги.

При перевищенні напругою верхньої межі зони нечутливості регулятор напруги 17 подає короткочасний сигнал "Зменшити" на електропривод 10 для перемикачів відгалужень трансформатора на пониження напруги. При виході напруги за нижню межу зони нечут-



ливості регулятор подає короткочасний сигнал "Збільшити" на підвищення напруги. Сигнал "Зменшити" (або "Збільшити") також надходить на реле запам'ятовування циклу перемикання "Зменшити" 8 (або реле запам'ятовування циклу перемикання "Збільшити" 7), яке продовжує подавати команду на електропривод до закінчення процесу перемикання.

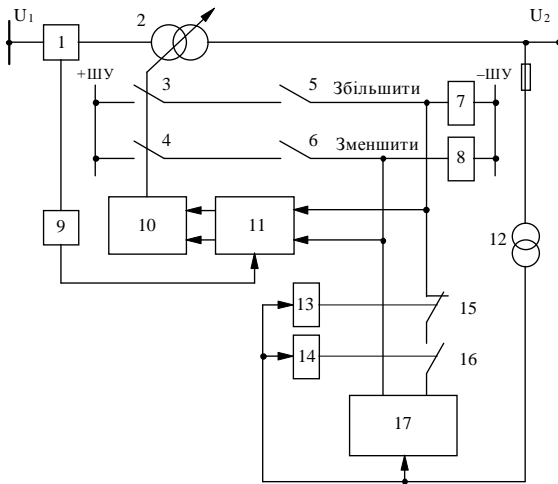


Рис. 1.8. Функціональна схема пристрою регулювання напруги силового трансформатора

Даний пристрій також реалізує блокування електроприводу при виникненні надструмів в силовому трансформаторі 2 під час перемикання за допомогою реле максимального струму 1 і блокуючого елементу 11. Після зникнення надструмів блокування знімається і відбувається завершення початого перемикання. При великих пониженнях напруги сигнал "Збільшити" блокується і перемикач не приходить до руху.

Описаний пристрій для регулювання напруги силових трансформаторів не враховує навантаження споживачів, тому за допомогою нього неможливо реалізувати закон зустрічного регулювання напруги.

Пристрій для автоматичного регулювання напруги вузла електричної мережі, який дає змогу врахувати навантаження споживачів



в протилежну сторону, доки не буде явної тенденції регульованої напруги до зміни в сторону попереднього регулювання. На рис. 1.10 приведена функціональна схема пристрою, який реалізує даний спосіб регулювання напруги.

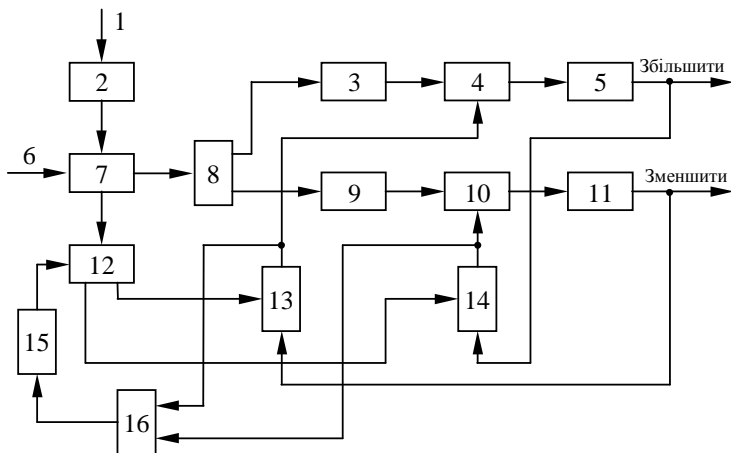


Рис. 1.10. Пристрій для регулювання напруги силового трансформатора

На рис. 1.10: 1 – вхід вимірювання струму; 2 – датчик струму; 3, 9, 15 – елемент затримки часу; 4, 10 – елемент заборони; 5, 11 – виконавчі елементи; 6 – вхід вимірювання регульованої напруги; 7 – блок визначення напруги в контрольованій точці лінії електропередачі; 8 – пороговий блок; 12 – блок контролю зміни регульованої напруги; 13, 14 – елементи пам'яті; 16 – логічний елемент "АБО".

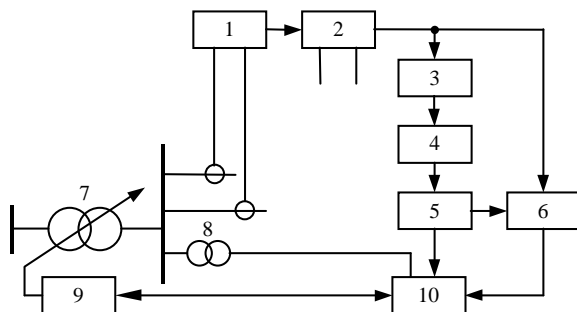
В даному пристрої по закінченні перемикання блок контролю зміни регульованої напруги 12 починає відслідковувати напрям зміни напруги і, якщо напруга має тенденцію до зменшення (або збільшення), то блок 12 подає сигнал скиду на блок пам'яті 14 (або 13), дозволяючи перемикання у зворотний бік. Логічний елемент "АБО" 16 і елемент часової затримки 15 необхідні для відключення блока 12 на час перемикання пристрою РПН, що забезпечує стійкий алгоритм роботи пристрою.

В даному способі регулювання напруги на силовому трансформаторі не враховується напрям зміни напруги після виходу її за межі

зони нечутливості, що призводить до зайвих перемикань пристрою РПН.

На підстанціях широко використовуються пристрої автоматичного регулювання трансформаторів під навантаженням типу АРТ-1Н [23], перевагою яких є підвищення стійкості регулювання напруги за рахунок затримки сигналу на перемикання на деякий час. Цим досягається уникнення реакції системи на короточасні коливання напруги, а тим самим підвищується надійність системи в цілому. До того ж даний пристрій дає змогу проводити оперативну дистанційну зміну уставки, що нерідко використовується в різних системах регулювання напруги, побудованих на цьому регуляторі [24, 25]. Однак даний пристрій не відслідковує напрямок зміни напруги і тим самим нерідко виконує зайві перемикання пристрою РПН, що негативно відображається на ресурсі останнього. Також АРТ-1Н не здатний швидко реагувати на значні відхилення напруги, що знижує якість регулювання напруги.

Існує спосіб регулювання напруги силового трансформатора [26], який передбачає автоматичну зміну уставки регулятора напруги при перевищенні напругою струмової компенсації граничного значення. Це запобігає недопустимому підвищенню регульованої напруги на близькорозташованих споживачах при великому струмі навантаження лінії. Функціональна схема пристрою, що реалізує даний спосіб, приведена на рис. 1.11, де: 1, 2 – датчики струму; 3 – пусковий орган; 4 – елемент затримки часу; 5 – виконавчий орган; 6 – елемент блокування струмової компенсації; 7 – силовий трансформатор; 8 – трансформатор напруги; 9 – електропривод; 10 – блок автоматичного регулювання.



## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. – Взамен ГОСТ 13109-67; Введ. 16.12.87. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 20 с.
2. Говоров Ф.П. К вопросу о регулировании напряжения в городских электрических сетях // Энергетика и электрификация. – 1993. - №4. – С. 42-44.
3. Ермаков В.Ф. Обобщенный метод дифференцированной оценки влияния выбросов и провалов напряжения на различное электрооборудование // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 1996. – №1. – С. 164–167.
4. Ермаков В.Ф., Черепов В.И. Обобщенный метод дифференцированной оценки влияния колебаний напряжения на различное электрооборудование // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки [Изв. вузов. Сев.-Кавк. науч. центра высш. шк. Техн. н.]. – 1996. – №2. – С. 178–180.
5. Розанов Ю.К., Рябчинский М.В. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический обзор) // Электротехника. – 1998. - №3. – С. 10-17.
6. Скороходов В.А., Митрясов П.Ф. Обеспечение энергосбережения при повышении качества электрической энергии // Научные основы создания энергосберегающей техники и технологий: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. – Москва. – 1990. – С. 254-256.
7. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.
8. Жежеленко И.В., Рабинович М.Л., Божко В.М. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – К.: Техніка, 1981. – 160 с.
9. Поспелов Г.Е., Сыч Н.М. Потери мощности и энергии в электрических сетях. / Под ред. Г.Е. Поспелова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 216 с.

10. Яндульский Н.М., Головатюк Н.Ф., Хлыстов В.М., Велигоцкий Г.П., Кот А.Г. О потреблении активной мощности электроприемников при отклонении напряжения // Национальный университет Украины "КПИ". – Киев, 1996. – 15 с. Деп. в ГНТБ Украины 12.06.96 г., №1437–Ук96.

11. Орлов В.С. Дополнительные потери мощности и энергии при отклонении напряжения и частоты // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1985. – №6. – С. 19–23.

12. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 216 с.

13. Электрические системы и сети / Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Г.И. Денисенко и др.; под. ред. Г.И. Денисенко.– К.: Вища шк., головное изд-во, 1986.– 584 с.

14. Testa Alfredo, Curcio Ciuseppe, Menniti Daniele. Regolazione della tensione in cabine MT/BT in presenza di carichi non omotetici // Energ. elett. – 1993.– 70, № 10.–Р. 416–422.

15. Рэнси Р. Трансформаторы с переключением под нагрузкой // Мировая энергетика. – 1996. - №4. - С. 27–33.

16. Порудоминский В.В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой.– изд. 2-е, перераб. и исправ.– М.: "Энергия", 1974.– 288 с.

17. Пат. 44616А Україна, МКИ Н 01 F 29/04, Н 01 Н 19/12. Трифазний перемикач відгалужень обмоток трансформатора під навантаженням: Пат. 44616А Україна, МКИ Н 01 F 29/04, Н 01 Н 19/12 / А.Л. Вайнштейн, Р.А. Ангоріна, М.Ф. Андросов, Т.М. Синицина (Україна); ВАТ "Український наук.-досл. проектно-конструк. та технол. інститут трансформаторобудування". – № 2001064055; Заявл. 13.06.2001; Опубл. 15.02.2002.

18. Пат. 27824 Україна, МКИ Н 01 F 29/02, Н 01 Н 9/00. Перемикач ступенів обмоток трансформатора: Пат. 27824 Україна, МКИ Н 01 F 29/02, Н 01 Н 9/00 / Д. Дохнальд, Д. Неймер, В. Альбрехт, Г. Клос, Р. Лаутерволд, Х. Лісманн-Міске (Німеччина); Maschinenfabrik рейнхаузен Гмбх.. – № 94005451; Заявл. 06.05.93; Опубл. 16.10.2000.

19. Пат. 27394 Україна, МКИ Н 02 J 3/12. Спосіб регулювання напруги силового трансформатора: Пат. 27394 Україна, МКИ Н 02 J

3/12 / М.А. Бікі, Г.І. Ціер, Ю.Н. Шафір (Україна); ВАТ "Запоріжтрансформатор". – № 93007732; Заявл. 07.09.93; Опубл. 15.09.2000.

20. Устройство для регулирования напряжения на силовом трансформаторе: А.с. 729810 СССР, МКИ Н 02 Р 13/06 / Н.М. Балдин (СССР). – №2468831/24-07; Заявл. 23.03.77; Опубл. 25.04.80, Бюл. №15.

21. Устройство для автоматического регулирования напряжения узла электрической сети: А.с. 1598044 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / Е.Ю. Линькова, А.В. Лужнов, Ф.Н. Рассказов (СССР). – № 4447584/24-07; Заявлено 12.05.88; Опубл. 07.10.90, Бюл. №37.

22. Способ регулирования напряжения в электрической сети: А.с. 1757015 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / В.Г. Васильев (СССР). – №4921817/07; Заявл. 29.01.91; Опубл. 23.08.93, Бюл. №31.

23. Устройство автоматического регулирования трансформаторов под нагрузкой типа АРТ-1Н. Техническое описание и инструкция по эксплуатации устройства АРТ-1Н. – Рига: РОЗ "Энергоавтоматика", 48 с.

24. Регулирование напряжения силовых трансформаторов подстанций энергосистемы по каналам телемеханики / Н.С. Круть, В.А. Ерошенко. // Электрические станции. – 1989, №6. – С.81-89.

25. Яндальский Я.С., Головатюк Н.Ф., Хлыстов В.М. Вопросы регулирования напряжения в электрических сетях // Энергетика и электрификация. – 1996, №4. – С. 36-38.

26. Способ регулирования напряжения в электрической сети: А.с. 1473003 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / В.М. Слодарж (СССР). – №4033802/24-07; Заявл. 06.03.86; Опубл. 15.04.89, Бюл. №14.

27. Устройство для автоматического регулирования напряжения узла электрической сети: А.с. 1171901 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / К.В. Киреев, Ф.Н. Рассказов (СССР). – №3468435/24-07; Заявл. 14.07.82; Опубл. 07.08.85, Бюл. №29.

28. Немцев Г.А., Некряченко Г.П. Регулирование напряжения в системах электроснабжения с учетом ущерба от его отклонения // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: Тезисы докладов Всероссийской межвузовской научно-технической конференции. – Чебоксары. – 1996. - С. 22-24.

29. Способ автоматического регулирования напряжения узла электрической сети: А.с. 1654917 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / Г.Г. Трофимов, О.М.. Ройзман, Р.Д. Абилов (СССР). – №4498743/07; Заявл. 25.10.88; Опубл. 07.06.91, Бюл. №21.

30. Устройство для автоматического регулирования напряжения узла электрической сети: А.с. 1312676 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / С.П. Гнипа, Ф.Н. Рассказов (СССР). – №3864626/31-07; Заявл. 11.03.85; Опубл. 23.05.87, Бюл. №19.

31. Способ регулирования напряжения в центре питания распределительной сети: А.с. 1562960 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / В.И. Идельчик, В.Н. Ковалевич, Ю.Г. Кононов, Ф.А. Сбитнев (СССР). – №4292551/24-07; Заявл. 30.07.87; Опубл. 07.05.90, Бюл. №17.

32. Устройство автоматического регулирования напряжения в электрических сетях: А.с. 1288816 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / В.И. Зак, Н.С. Маркушевич (СССР). – №3904043/24-07; Заявл. 30.04.85; Опубл. 07.02.87, Бюл. №5.

33. Устройство автоматического регулирования напряжения компенсирующими устройствами и отпайками трехобмоточного трансформатора в центре питания: А.с. 1474793 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / И.В. Жежеленко, Ю.В. Слепов, Р.Д. Абилов, В.С. Хиора (СССР). – № 4231861/24-07; Заявлено 20.04.87; Опубл. 23.04.89, Бюл. №15.

34. Способ регулирования напряжения электрической подстанции: А.с. 782037 СССР, МКИ Н 02 J 3/12, Н 02 Р 13/04 / Л.В. Росман (СССР). – №2705650/24-07; Заявл. 04.01.79; Опубл. 23.11.80, Бюл. №43.

35. Україна, МКИ Н 02 J 3/12. Спосіб регулювання напруги електричної підстанції: Пат. 42222А Україна, МКИ Н 02 J 3/12 / П.П. Говоров (Україна); Харківська академія міського господарства. – № 2000116702; Заявл. 27.11.2000; Опубл. 15.10.2001.

36. Устройство для автоматического регулирования напряжения электрического узла, имеющего двигательную нагрузку: А.с. 166904 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / В.В. Прокопчик, В.А. Белоусов (СССР). – № 4695569/07; Заявлено 15.03.89; Опубл. 07.08.91, Бюл. №29.



37. Способ регулирования напряжения электрической сети: А.с. 1480013 СССР, МКИ Н 02 J 3/12 / А.Д. Веселов, С.Н. Макаровский, Л.В. Росман (СССР). – № 426266/24-07; Заявлено 15.06.87; Оpubл. 15.05.89, Бюл. №18.

38. Регулятор напряжения для силовых трансформаторов: А.с. 1140094 СССР, МКИ Н 02 Р 13/06. / Б.И. Мокин, Н.А. Головатюк, А.Г. Маладыка (СССР). – №3529866/24-24; Заявл. 24.12.82; Оpubл. 15.02.85, Бюл. №6.

39. Voltage control for high voltage power transformers. Заявка 2190219 Великобритания, МКИ G 05 F 1/14 / Hiscock Nicolas John, Goodfellow Christopher Robin. – №8610881; Заявл. 03.05.86; Оpubл. 11.11.87; НКИ G3U.

40. Automatika paralelních transformátoru: А.с. 213864 ЧССР, МКИ Н 01 F 32/08 / Hanzal Petr (ЧССР). – №288-80; Заявл. 01.05.80; Оpubл. 14.01.84.

41. Sposób i układ regulacji napięcia transformatora: Пат. 140552 ПНР, МКИ G 05 F 1/14 / Dolny Ryszard, Drop Stanislaw, Morawski Czesław, Wierzbicki Wojciech. – №239044; Заявл. 15.11.82; Оpubл. 30.07.88.

42. Айтжанов Н.М. Логический алгоритм автоматического регулирования напряжения // Джамбульский технологический институт легкой и пищевой промышленности. – Джамбул, 1984. - 7 с. Деп. в ИНФОРМЭНЕРГО 13.08.84 г., №1570эн-84.

43. Пат. 81573 СРР, МКИ Н 02 Р 13/04, G 05 F 1/14. Instalatie automată pentru reglajul tensiunii transformatoarelor electrice: Пат. 81573 СРР, МКИ Н 02 Р 13/04, G 05 F 1/14 / Cernomazu Dorel, Cernomazu Ion; Intreprinderes de Retele Electrice, Vasău. – № 105419; Заявл. 29.09.81; Оpubл. 30.04.83.

44. Means and method for controlling electrical transformer voltage regulating tapchangers: Пат. 5136233 США, МКИ G 05 F 1/20 / Klikenberg Jerry R., Dueker Alwin C. – №682911; Заявл. 09.04.91; Оpubл. 04.08.92; НКИ 323/343.

45. Petri Kornel, Kisyölcey Jenő Mikroprocesszoros transzformátorszabályozó és feszültségátároló automatika // Elektrotechnika (Magy.). – 1988. – 81, №10–11. – P. 405–410.

46. Harlow J.H., La Place C.J. A microcomputer control for step-voltage regulators // IEEE Trans. Power Apparatus and Systems. – 1985.– Vol. 104, № 3.–P. 621–627.

47. Suxing Sun, Zhicheng You, Xiaoping Li, Dexian Yang. Dianli xitong zigonghua // Autom. Electric Systems. – 1995.– 19, № 7.–P. 50–54.

48. Strategies for real-time voltage var monitoring, communications and control. Pić-Spong Marija, Medanić Jurai. "2nd International Conference Power System Monitoring and Control. Durham, 8–11 July, 1986". London, 1986, С. 166–171.

49. Gueth Gerhard. Statische Pegeltransformatoren für electrische Energienebertragungssysteme: Diss. Dokt. Techn. Wiss Eidgenoess / Tech. Hochschul. Zürich, 1982.

50. Дмитренко А.И., Красов А.И., Пироженко А.Н. и др. Применение тиристорov в переключающих устройствах трансформаторов общего назначения // НТС, ЭП. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы. – 1974. – №9/14. – С. 15–17.

51. Устройство для регулирования переменного напряжения: А.с. 1257747 СССР, МКИ Н 02 J 3/18 / А.И. Дорошенко, В.А. Николаенко, Ю.И. Елумахов (СССР). - № 3848458/24-07; Заявлено 24.01.85; Оpubл. 1986, Бюл. №34.

52. Устройство для переключения ответвлений силового трансформатора: А.с. 599326 СССР, МКИ Н 02 Р 13/06, Н 03 К 17/56 / В.П. Дудин, А.Н. Пироженко (СССР). – №2376889/24-07; Заявл. 24.06.76; Оpubл. 25.03.78, Бюл. №11.

53. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов.–М.: Радио и связь, 1988.–576 с.

54. Скаржепа В.А., Морозов А.А. Устройства автоматики на тиристорах.– К.: Техника, 1974. – 224 с.

55. Гельман М.В., Лохов С.П. Тиристорные регуляторы переменного напряжения.– М.: Энергия, 1975. – 105 с.

56. Устройство регулирования переменного напряжения: А.с. 1051510 СССР, МКИ G 05 F 1/30 / В.И. Гуревич (СССР). – №3363248/24-07; Заявл. 05.12.81; Оpubл. 30.10.83, Бюл. №40.

57. Пат. 4335 Украины, МКИ Н 02 Р 13/06, G 05 F 13/14, Н 01 F 29/04. Пристрій для перемикування відводів регулюючої обмотки

трансформатора під навантаженням / Ернест Зоннагсбауер (Австрія); Елін-Уніон АГ Фюр Електрише Індустрі (Австрія); Заявл. 22.12.89; Опубл. 27.12.94, Бюл. №6–1.

58. Пат. 25246 України, МКИ Н 02 J 3/24. Спосіб регулювання напруги: Пат. 25246 України, МКИ Н 02 J 3/24/ В.О. Удовенко; Заявл. 15.01.98; Опубл. 25.12.98, Бюл. №6.

59. Пат. 4733158 США, МКИ G 05 F 1/16. Control circuit for tap-switching power supplies and multitap transformers: Пат. 4733158 США, МКИ G 05 F 1/16 / Marchione Vito J., Brunelle James W; Datametrics Corp. – № 898713; Заявл. 21.08.86; Опубл. 22.03.88; НКІ 323/258.

60. Мокин Б.И., Выговский Ю.Ф. Автоматические регуляторы в электрических сетях. – К.: Техніка, 1985. – 104 с.

61. Черепов В.И. Оценка влияния выбросов и провалов напряжения на работу электроприемников // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 1982. – №12. – С. 1476–1477.

62. Ермаков В.Ф., Черепов В.И. Экспериментальное исследование влияния провалов напряжения питающей сети на работу электроприемников // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 1997. – №1. – С. 38–41.

63. Галанов В.И., Шершнев Ю.А., Гуревич М.К., Козлова М.А. Современные мощные полупроводниковые приборы и их функциональные особенности // Электротехника. – 1998. – №3. – С. 48 – 52.

64. Лизец М., Поташников М.Ю. Новое в активной электронной элементной базе для силовой электроники фирмы "Siemens AG" // Электротехника. – 1998. – №3. – С. 52 – 56.

65. Афанасьев А.И., Дмитренко А.И., Миронченко В.Л. К расчету надежности тиристорных переключающих устройств силовых трансформаторов // Изв. вузов. Сер. Электромеханика. – 1979. – №3. – С. 237–241.

66. Афанасьев А.И. О целесообразности контроля за исправностью тиристорных бесконтактных переключающих устройств РПН // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1984. – №4. – С. 38–39.

67. Грабко В.В., Львов І.Ю. До питання підвищення якості напруги в електричних мережах // Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини, випуск 6. –Київ: “ФАДА, ЛТД”. – 1999. – С.94-96.

68. Мокін Б.І., Грабко В.В., Львов І.Ю. Спосіб регулювання напруги в електричних мережах // Збірка праць IV – ої Міжнар. наукової конференції “Ефективність та якість електропостачання промислових підприємств” (PQ 2000). – 2000. – С.153.

69. Грабко В.В. Ієрархічна система регулювання напруги в електричних мережах // Гірнича електромеханіка та автоматика. – Дніпропетровськ: НГА України. – 2000. - № 64. - С. 13–17.

70. Craig A.D., Moor P.M., Long C.D. High-speed MV/LV power line communication system for remote metering, load control and network automation // Power Engineering. – 1996.– 10, № 4.– P.154–158.

71. Пат. 3501 України, МКИ G 08 C 19/28, H 02 J 13/00. Пристрій дистанційного керування по лініях електропередачі / В.М. Вовк, М.В. Сандрацький, В.А. Хом’як, В.А. Тимошенко, Г.П. Велігоцький, А.Г. Кот, М.П. Головатюк (Україна). – №4922933/24; Заявл. 18.01.91; Опубл. 27.12.94, Бюл. №6–1.

72. Delfino Bruno, Pincti Paolo. Fieldbus negli impianti elettrici // AEI: Autom., energ., inf. – 1993.– 80, № 11.–P. 54–60.

73. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 238 с.

74. Ильин В.А. Телеуправление и телеизмерение: Учеб. пособие для вузов.-3-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1982.- 560 с.

75. Тувевич Н.В. Телемеханика.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1985.- 423 с.

76. Григорьев В.С., Закревский А.Д., Перчук В.Л. Секвенциальные дискретные автоматы // Тезисы докладов II Всесоюзного совещания по теории релейных устройств и конечных автоматов. – Рига, 1971.

77. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975.– 136 с.

78. Захаров В.Н., Поспелов А.Д., Хазацкий В.Е. Системы управления. Задание. Проектирование. Реализация. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977.– 424 с.

79. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтез схем. – М.: Энергия. – 1974. – 368 с.

80. Шило В.Л. Популярныe цифровыe микросхемы: Справочник.– М.: Радио и связь, 1987.–352 с.

81. Интегральные микросхемы: Справочник / Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лунин, Ю.Н. Смирнов и др.; Под ред. Б.В. Тарабрина.– 2-е изд., испр. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 528 с.

82. Цифровыe и аналоговыe интегральныe микросхемы: Справочник / М.И. Богданович, И.Н. Грель, В.А Прохоменко и др.– Мн.: Беларусь, 1991.– 493 с.

83. Цифровыe и аналоговыe интегральныe микросхемы: Справочник / С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского.– М.: Радио и связь, 1990.– 496 с.

84. Щербаков В.И., Грездов Т.И. Электронныe схемы на операционных усилителях: Справочник.– К: Техніка, 1983.– 213 с.

85. Грабко В.В., Львов І.Ю. Про один метод синтезу регулятора напруги для силових трансформаторів з пристроями РПН // Сборник научных трудов ДонГТУ. Серия: Электротехника и энергетика, выпуск 4: Донецк: ДонГТУ, 1999. – С. 258 – 262.

86. Пат. 35207А Україна. Регулятор напруги для силових трансформаторів: Пат. 35207А Україна, МКИ Н 02 Р 13/06 / Б.І. Мокін, В.В. Грабко, І.Ю. Львов; Вінницький державний технічний університет. – №99094925; Заявл. 03.09.99; Опубл. 15.03.01, Бюл. №2.

87. Грабко В.В. До питання синтезу ієрархічної системи регулювання напруги в електричних мережах // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2000. - № 6. - С. 95 – 98.

88. Грабко В.В., Львов І.Ю. Синтез структури блока прийняття рішення ієрархічної системи регулювання напруги // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. Вып. 2/2000 (9). – Кременчуг: КГПУ, 2000. – С.65–68.

89. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования.– М.: Наука, 1975.–768 с.

90. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н. Основы теории автоматического регулирования и управления.– М.: Высшая школа, 1977.– 519 с.

91. Юхимчук С.В., Лысогор В.Н., Марущак В.Ю. Автоматизация проектирования систем автоматического управления: Учеб. пособие. – К.: УМ ВО, 1989. – 172 с.

92. Гульяев А. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практическое пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 1999. – 288 с.

93. Потемкин В.Г., Рудаков П.И. Система MATLAB 5 для студентов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999 – 448 с.

94. Дьяконов В.П. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2002 – 528 с.

95. Мокін Б.І., Грабко В.В., Львов І.Ю. До питання підвищення ефективності регулювання напруги в електричних мережах // Вісник ВПІ. – 1999. – №3. – С. 32 – 35.

96. Мокін Б.І., Грабко В.В., Львов І.Ю. Комп'ютерне моделювання системи регулювання напруги в електричних мережах // Проблеми создания новых машин и технологий. Сборник научных трудов Кременчугского государственного университета, выпуск 2. – Кременчуг: КГПИ. – 1999. – С. 143-146.

97. Львов І.Ю. Дворівнева система регулювання напруги електротехнічних пристроїв: Дис... канд. техн. наук: 05.09.03. – Львів, 2003. – 157 с.

98. Шиколенко Н.М., Бессонов В.В., Тропина Н.Ф. Об одном подходе к исследованию многосвязных автоматических систем регулирования // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1990. – №7. – С. 47–49.

99. Бессонов В.В., Шиколенко Н.М. О применении в качестве критерия оптимизации МАСР интегрального критерия от модуля ошибки управления и модуля изменения состояния управляющего воздействия // Ред. журн. "Изв. вузов – Энергетика". – Минск, 1985. Деп. в ВИНТИ, №8099-В85-80.

100. Мокін Б.І. К вопросу о критериях и законах регулирования напряжения в электрических сетях // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1984. – №6. – С. 35–37.

101. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1974. – 176 с.

102. Беленький А.И., Ермолаева М.Э., Китушин В.Г. Методика оценки ущерба от нарушения электроснабжения // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1990. – №8. – С. 9–13.

103. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем. – М.: Высш. шк., 1984. – 256 с.

104. Мокин Б.И., Юхимчук С.В., Головатюк Н.А. Об одном способе определения оптимальных параметров настройки регуляторов напряжения силовых трансформаторов с устройствами РПН // Изв. вузов. Сер. Энергетика. – 1990. – №11. – С. 26–29.
105. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
106. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. Под ред. В.С. Королюка. – К: Наукова думка, 1978. – 584 с.
107. Головкин А.М. Основы теории надежности. – М.: Наука, 1964. – 446 с.
108. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
109. Левин Б.Р. Теория надежности радиотехнических систем: Математические основы. Учеб. пособие для вузов. - М.: Советское радио, 1978. – 264 с.
110. Бессонов А.А., Мороз А.В. Надежность систем автоматического регулирования. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. – 216 с.
111. Мокин Б.И., Юхимчук С.В. Математичні моделі робастної стійкості та чутливості нелінійних систем. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 122 с.
112. Очков В.Ф. Mathcad 7.0 Pro для студентов и инженеров. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 384 с.
113. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCad 7.0 в математике, физике и в Internet. – М.: Нолидж, 1999. – 352 с.
114. Лагутин В.М., Лежнюк П.Д., Котенко И.М. Контроль положения переключающих устройств трансформаторов в системе автоматического регулирования напряжения // Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике: Тезисы докладов 3 Республиканской научно-технической конференции. – Харьков. – 1988. - С. 218-219.
115. Применение микропроцессорной техники для регулирования напряжения в электрических сетях / Н.Г. Вишняков, В.И. Кочкин. В.К. Стрючков // Обз. инф. Сер. Средства и системы управления в энергетике. // Информэнерго. – 1990. – №2. – С. 1–58.

116. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.

117. Однокристалльные микро-ЭВМ. Семейство МК48. Семейство МК51. / Липовецкий Г.П., Литвинский Г.В., Оксинь О.Н. и др. – М.: МП"Бином", 1992. – 344с.

118. Гребнев В.В. Однокристалльные микро-ЭВМ семейства AT89 фирмы Atmel. – Санкт-Петербург: ЭФО.-1998. – 76 с.



*Наукове видання*

**Гرابко Володимир Віталійович**

**МОДЕЛІ І ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАНСФОРМАТОРІВ  
З ПРИСТРОЯМИ РПН**

**Монографія**

Редактор Т. Ягельська

Оригінал-макет підготовлено автором

Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця»

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ, ГНК, к. 114

Тел. (0432) 44-05-32

Підписано до друку 10.02.2005.

Формат 29,7×42 ¼ Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. др. арк. 6,47

Наклад 100 прим. Зам. № 2005-022

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

Тел. (0432) 44-01-59