

## **МИКРОПРОЦЕСОРЕН ТРЕНАЖОР ЗА ОПЕРАТИВНИ ПРЕВКЛЮЧВАНИЯ В ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИ СИСТЕМИ**

**С.Т. СИДЕРОВ, Н.С. МАТАНОВ, Е.П. МИНЧЕВА, В.Г. ГЕОРГИЕВ**

[ssiderov@tu-sofia.bg](mailto:ssiderov@tu-sofia.bg), [office@oskar-el.com](mailto:office@oskar-el.com)

*ТУ-София, София –1756, бул. "Кл.Охридски" №8, ЕФ, Катедра "ЕСЕОЕТ",*

*"ОСКАР-ЕЛ" ЕООД, София –1407, ул. "Ст.Л. Костов" №16,*

**БЪЛГАРИЯ**

**Резюме:** В подстанциите 110-220/6-20kV и 6-20/0,4kV много често се налага да се извършват оперативни превключвания. В резултат на неправилни превключвания от страна на обслужващия персонал възникват аварии с тежки последици. С оглед повишаване на квалификацията на персонала в експлоатацията на електроснабдителни системи и създаване на навици в обучавания персонал и студенти е разработен микропроцесорен тренажор за оперативни превключвания.

Тренажорът позволява да се отработват и създават трайни умения по най-честите оперативни превключвания, свързани с изваждане за ремонт (преглед) на силови трансформатори, комутационни апарати (силови прекъсвачи, разединители, ножови заземители и др.), въздушни и кабелни електропроводи, шинни системи, и др. Разработени са алгоритми и програми за контрол и управление на оперативните превключвания с помощта на микропроцесорна система.

**Ключови думи:** Тренажор, оперативни превключвания.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

С оглед повишаване сигурността и подобряване на електробезопасността е необходимо обслужващия персонал в подстанциите на електроснабдителните системи на промишлените предприятия (ЕСПП) да имат не само знания, но и умения за безгрешно извършване на оперативните превключвания (ОП). С оглед на създаване на трайни навици за безпогрешно извършване на оперативните превключвания в подстанции от обслужващия персонал или обучаваните специалисти е целесъобразно знанията да се затвърждават с нагледни тренировки на специализирани тренажори. В [1,2,3] са разработвани специализирани тренажори за целта, но поради нивото на съществуващите технически средства за дадения момент, броя на операциите, които да се отработват, е ограничен.

В настоящата работа се предлага разработването на тренажор със съвременни микропроцесорни устройства, със сравнително голям брой на възможните варианти на превключвания.

### **СТРУКТУРА И УСТРОЙСТВО**

Общата структура с основните елементи на микропроцесорния тренажор е дадена на фиг.1.

Основните функционални елементи на тренажора са следните:

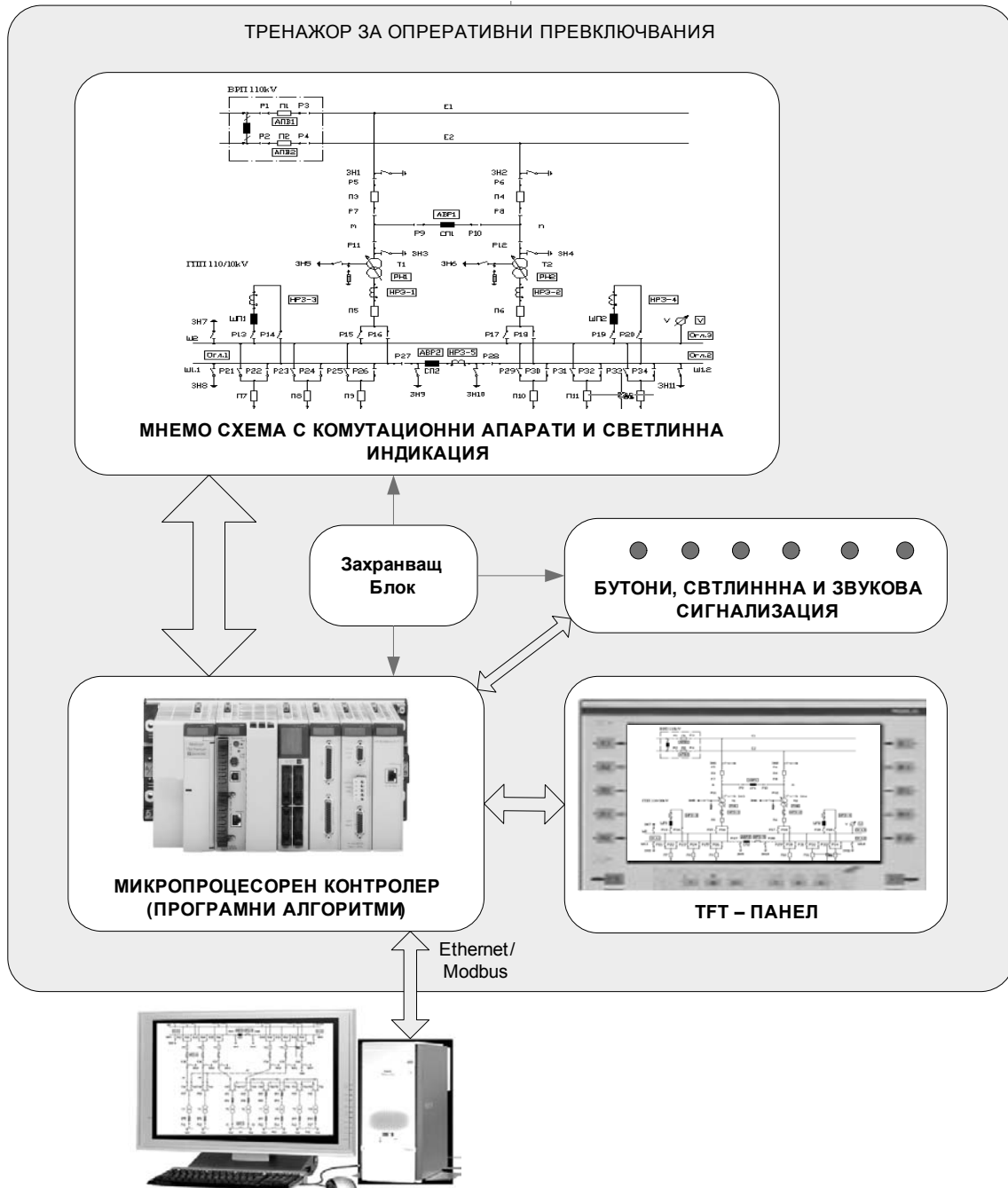
◆ Захранващ блок – осигурява необходимите напрежения за всички елементи на стенда;

◆ Мнемо схема на ЕСПП – панел, който е снабден с ключове и светлинни индикации за всеки комутационен апарат по схемата; чрез тези ключове обучавашите извършват необходимите оперативни превключвания и

следят за състояние на всеки един апарат, трансформатор, шинна система, защита или автоматика;

◆ Микропроцесорен контролер – контролерът е програмиран да следи състоянието на всички елементи по схемата, последователността на извършваните

операции в зависимост от поставената задача, подаване на необходимите сигнали при възникване на грешки или аварии, управлява визуализацията и управлението посредством течнокристалния дисплей, и осигурява комуникацията с външни устройства;



**Фиг.1 Блокова схема - основни елементи на тренажора**

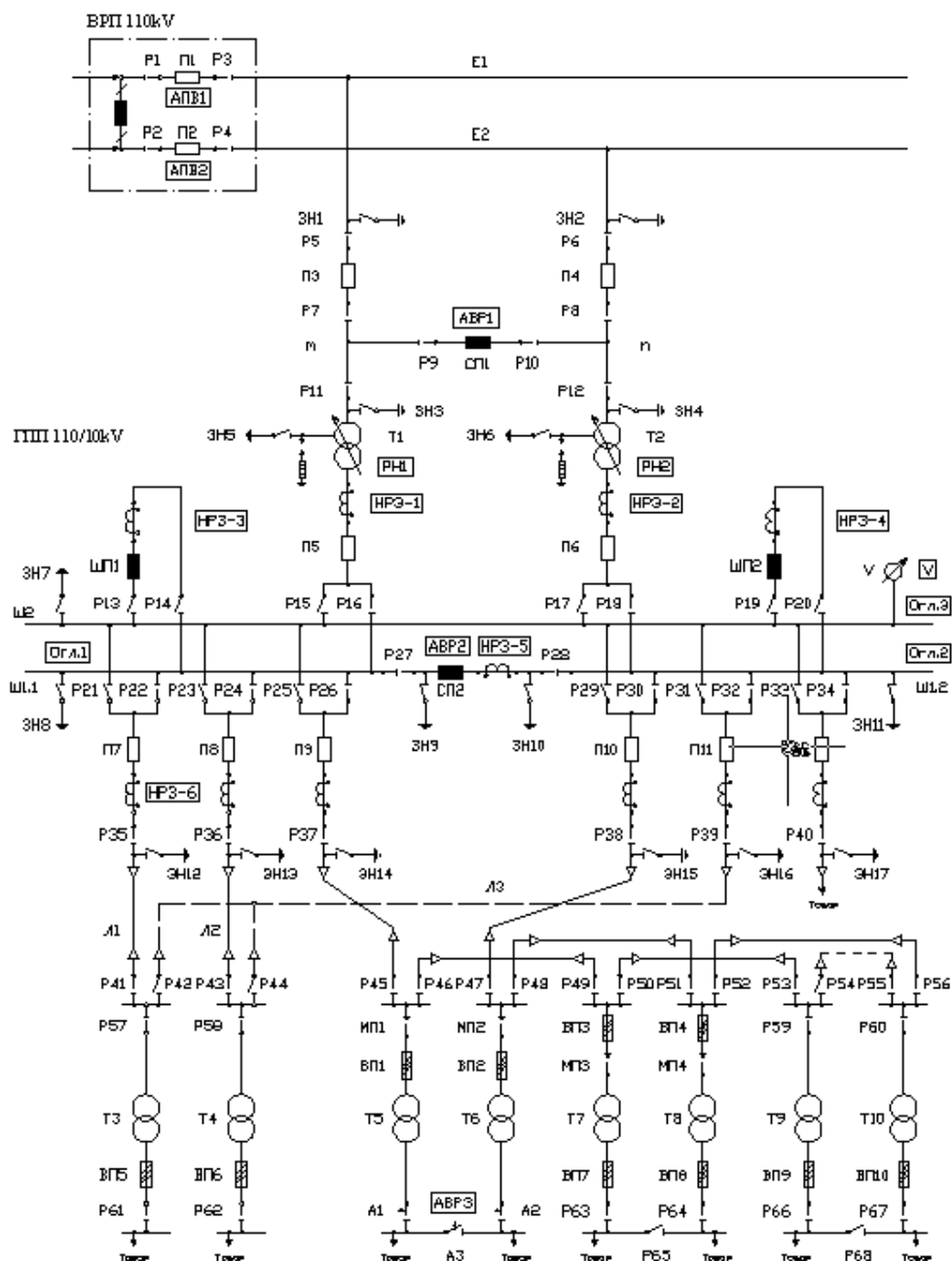
◆ Бутони и светлинна индикация – тренажора, избор на задача за изпълнение, основни бутони/ключове за вкл./изкл. на

светлинни индикации за възникнали грешки или аварии по време на работа;

- ◆ TFT панел – графичен течнокристален дисплей с чувствителен екран (touch screen) на който се показва подробното, актуално състояние на тренажора (номер на задача, извършени операции, допуснати грешки, оценка на оператора и др.), а също така се извършват настройки и тестове на тренажора;

- ◆ Персонален компютър – компютъра, чрез връзка с контролера на тренажора, може да осигурява дистанционно следене състоянието на стенда, дистанционно диспечерско

управление, препрограмиране и промяна на алгоритмите на работа, записване на всички извършвани манипулации по тренажора и др.

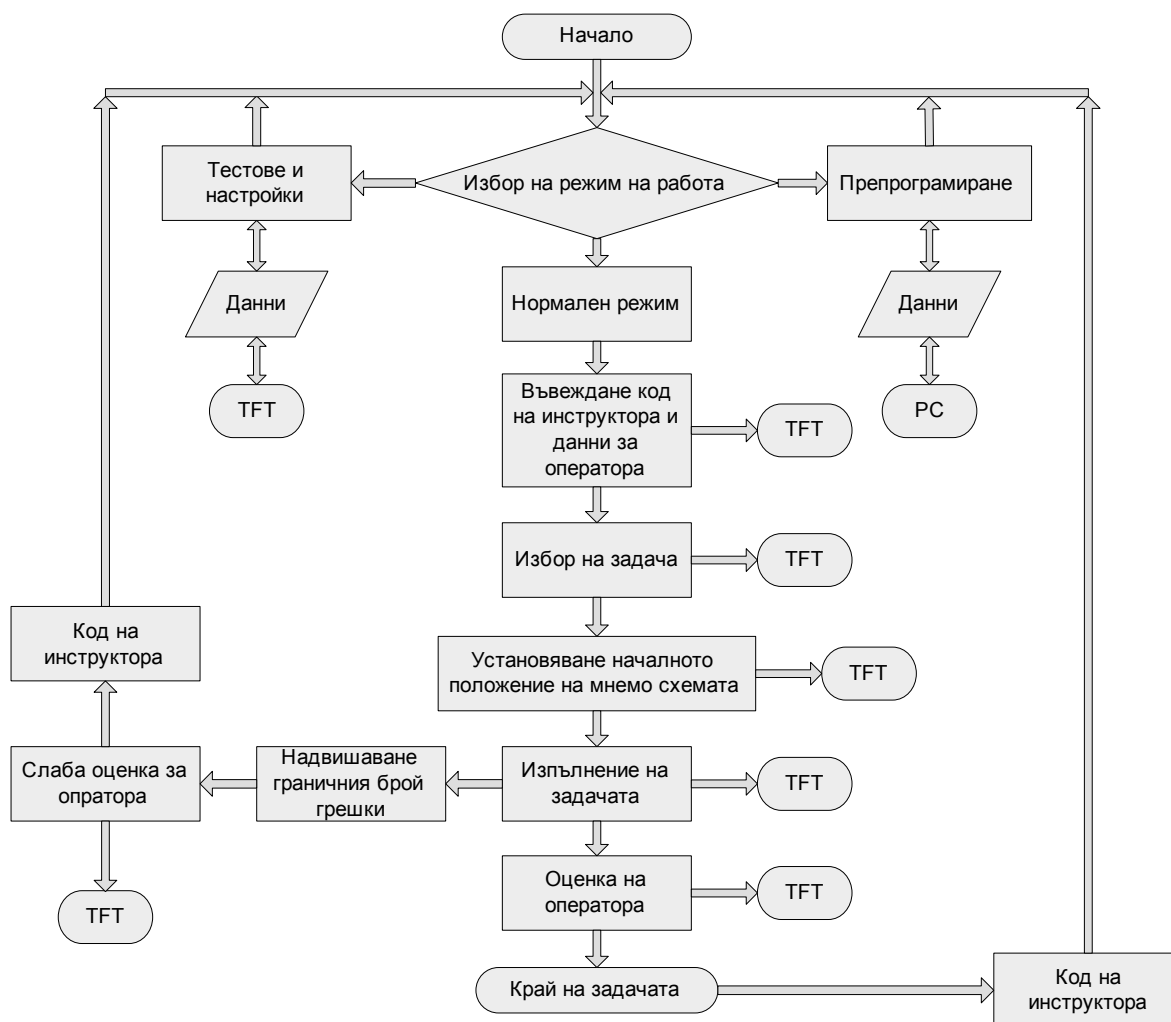


Фиг.2 Принципна схема на ЕСШ за оперативни превключвания

На фиг.2 е дадена принципната схема на ЕСПП, която е реализирана като мнемона схема на работния панел на тренажора. Схемата е избрана така, че да дава голямо разнообразие на възможните оперативни превключвания и различни режими на работа. Най-често налагащите се операции при обслужването на подстанциите са: извеждане на трансформатор или електропровод от работа, без прекъсване на захранването за потребителите; въвеждане на трансформатор или електропровод в работа; възстановяване на нормалната работа след възникнало късо съединение; извеждане на една от секциите на работната шина, на шинен разединител или прекъсвач за ремонт и т.н.

## АЛГОРИТМИ

Общият (подробен) алгоритъм на работа е много сложен, свързан със следене на много променливи и обслужване на прекъсвания, т.е. с много разклонения, поради това на фиг.3 е представен основният (главен) алгоритъм на работа, който дава ясна представа за начина на работа на тренажора. Всеки един блок от диаграмата съдържа свои алгоритми на работа. На всеки етап от работата текущото състояние на тренажора се следи на дисплея (TFT блока на диаграмата).



Фиг.3 Главен алгоритъм на работа

С оглед улесняване съставянето на задачи са съставени функции за успешен край алгоритмите за правилно изпълнение на и логически функции [4] за възможни грешки оперативните превключвания в отделните в последователността на операциите, в

резултат на което възниква късо съединение, електрическа дъга или не се спазва утвърдено правило в последователността на включване и изключване на комутационни апарати и настройки на релейните защиты, устройствата за автоматично включване на резервата (АВР), автоматично повторно включване (АПВ) и др.

$$F(x_1, \dots, x_n) = ((\overline{ABP2} \wedge \overline{P27}) \wedge \overline{P28}) \wedge (\overline{O2L3} \wedge \overline{3H7}) \wedge ((\overline{HP3-3} \wedge P13 \wedge P14) \wedge \overline{ШП1}) \wedge \rightarrow \\ \text{Волтм} \wedge P15 \wedge (P21 \wedge P23 \wedge P25) \wedge (\overline{P22} \wedge \overline{P24} \wedge P26 \wedge P16) \wedge (\overline{ШП1} \wedge \overline{P13} \wedge \overline{P14}) \wedge 3H8, \quad (1)$$

където

$\wedge$  е функция *конюнкция*, т.е. едновременно функциониране на елементите (функция умножение);

$\vee$  - функция *дизюнкция*, т.е. функционира поне един от елементите (извършено е поне едно оперативно превключване);

ШП1 – включва се (включен) шиносъединителен прекъсвач №1;  $\overline{ШП1}$  - изключва се (изключен) прекъсвач ШП1;

P – разединител; P15 – включващ се (включен) разединител;  $\overline{P15}$  - изключващ се (изключен) разединител;

ЗН – заземителен нож; ЗН8 – включващ се (включен);  $\overline{ЗН7}$  - изключващ се (изключен);

$\overline{ABP2}$  - изключва се автоматичното действие на устройството за АВР;

Огл.3 – извършва се оглед на Ш2;

Волтм. – включва се волтметъра за проверка наличието на напрежение;

$x_1, \dots, x_n$  – булеви променливи, които характеризират състоянието на елементите в електроснабдителната система ( $x_i=1$ , при включен (включващ се) елемент;  $x_i=0$ , при изключващ се (изключен)  $x_i$  елемент.

Логическите функции за възникване на късо съединение при включване на ШП1 или разединителя P15, когато ножовия заземител ЗН7 е включен има вида:

$$[(P15 \wedge 3H7) \wedge P15] \vee \rightarrow \\ [(P13 \wedge P14 \wedge P16) \wedge \rightarrow \\ 3H7 \wedge \overline{ШП1}] \quad (2)$$

Логическата функция за възникване на електрическа дъга при включване на разединител при включен прекъсвач в електрическата верига има вида

Логическата формула  $F(x_1, \dots, x_n)$  за прехвърляне на захранването от нормално работещата шина Ш1.1 (шината се извежда за ремонт) към втората (резервната) шина Ш2 с шиносъединителния прекъсвач ШП1 без прекъсване на електроснабдяването (фиг.2) има следния вид:

$$[(P15 \wedge \overline{ШП1}) \wedge (P15 \wedge \overline{P16})] \wedge \rightarrow \\ [(P17 \wedge P21) \vee (P18 \wedge P23) \vee \rightarrow \\ (P18 \wedge P25)] \quad (3)$$

Светлинен сигнал за нарушаване на утвърдени правила (препоръки) за последователност на превключванията, например, ще има в следните случаи:

♦ при изключване най-напред на шинен разединител, а после на линеен разединител в кабелен (друг) извод (прекъсвача е изключен)

$$[(P21 \wedge \overline{P17} \wedge P35) \wedge \overline{P21}] \vee \rightarrow \\ [(P23 \wedge \overline{P18} \wedge P36)] \wedge \overline{P23} \vee \rightarrow \\ [(P25 \wedge \overline{P19} \wedge P37) \wedge \overline{P25}] \vee \rightarrow \\ [(P13 \wedge \overline{ШП1} \wedge P14) \wedge P14]; \quad (4)$$

♦ при включване първоначално на линеен разединител, а после на шинен разединител

$$[(\overline{P21} \wedge \overline{P17} \wedge \overline{P35}) \wedge P35] \vee \rightarrow \\ [(\overline{P23} \wedge \overline{P18} \wedge \overline{P36}) \wedge P36] \vee \rightarrow \\ [(\overline{P25} \wedge \overline{P19} \wedge \overline{P37}) \wedge P37] \vee \rightarrow \\ [(\overline{P13} \wedge \overline{ШП1} \wedge \overline{P14}) \wedge P13]; \quad (5)$$

♦ при изключване на трансформатор Т1 първоначално в първичната, а после във вторичната верига

$$(B3 \wedge B5) \wedge \overline{B3}; \quad (6)$$

♦ При включване на трансформатор Т1 първоначално във вторичната, а след това в първичната верига

$$(\overline{B3} \wedge \overline{B5}) \wedge B5. \quad (7)$$

Аналогични функции са съставени за задачите, които е предвидено да се тренират на стенда.

Разработените структура и алгоритъм се използват в микропроцесорен тренажор, който фирма „ОСКАР-ЕЛ“ ще произведе за нуждите обучение на студентите и специализантите в катедра „Електроснабдяване, електрообзавеждане и електротранспорт“ към Електротехнически факултет на ТУ-София [6].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съставените функции за логическа последователност и за грешни превключвания са в основата на разработения алгоритъм за контрол и управление на извършваните операции на тренажора.

Използването на предлагания тренажор в техническите училища и центровете за подготовка на специалисти за експлоатация на електроснабдителни системи ще намали злополуките с персонала и ще повиши сигурността на електроснабдяване.

## ЛИТЕРАТУРА:

[1] Сидеров С.Т., В.В.Енчев, К.М.Малчев, К.Г.Кутлев, Тренажор за оперативни превключвания в електроснабдителни системи на промишлени предприятия, Сборник доклади - III Национална научно-техническа конференция „Проблеми на развитието и експлоатацията на електроснабдителните системи“, Варна, 1988г., стр. 163-170.

[2] Каландадзе А.М. и др. Стенд – тренажер для персонала подстанций, Электрические станции, №4, 1987г., стр. 66-68.

[3] Федоров А.А., и др. Учебное пособие к лабораторным работам по электроснабжению, част 2, Москва, 1971г., стр. 170.

[4] Кузнецов О.П., Г.М. Андельсон-Вельский, Дискретная математика для инженера, Москва, Энергия, 1980г., стр. 342.

[5] Филатов А.А., Оперативное обслуживание электрических подстанций.

[6] Сидеров С.Т., Н.С.Матанов, Ръководство за лабораторни упражнения по електроснабдяване, под печат.

## MICROPROCESSOR SIMULATOR FOR OPERATIVE SWITCHING IN POWER SUPPLY SYSTEMS

S. T. Siderov, N. S. Matanov, E. P. Mincheva, V. G. Georgiev

Technical University of Sofia, 8 Kl. Ohridski Boulevard, Sofia, Bulgaria,  
OSKAR-EL Ltd, Sofia 1407, 16 L. St. Kostov Street,  
**BULGARIA**

**Abstract:** It is often necessary to perform operative switching in substations 110-220/6-20kV and 6-20/0,4kV. As a result of incorrect switching performed by the operating staff, accidents with heavy consequences occur. To increase the qualification of the staff in the operation of power supply systems and train skills of the staff and students, a microprocessor simulator for operative switching has been developed.

The simulator gives a possibility to train skills for the most frequent operative switching related to taking out transformers commutation equipment, air and cable wiring, etc. for repairs (revision). Algorithms and software of control and management of operative switching using a microprocessor system have been developed.

**Key words:** simulator, operative switching.