

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY  
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV FYZIKY**

**Výzkumná zpráva**

**Software pro dlouhodobá měření parametrů kondenzátorů**

Číslo projektu: GD102/09/H074

Číslo výsledku: 26478

Spolupracující firma: AVX Lanškroun

Odpovědný pracovník: Ing. Tomáš Trčka

**Prohlášení**

Uvedený software „Software pro dlouhodobá měření parametrů kondenzátorů“ vzniknul v rámci dohody o spolupráci mezi Vysokým učeníem technickým v Brně a AVX Czech Republic s.r.o. Originál smlouvy o využití na kooperujícím pracovišti je uložen na UFYZ FEKT.

Za účelem dlouhodobých měření parametrů kondenzátorů byl vytvořen softwarový balík s jednoduchým uživatelským rozhraním, který nabízí tři plně automatizované režimy testování kondenzátorů. Základními prvky sestaveného měřicího systému jsou dva stejnosměrné zdroje napětí, měřicí/spínací jednotka se třemi sloty a citlivým vnitřním multimetrem a multifunkční DAQ karta. Měřicí/spínací jednotka umožňuje současné měření až 60 kanálů, kdy 58 kanálů je využito pro měření kondenzátorů a zbývající dva k pomocným účelům (měření teploty a referenčního napětí na zdrojích). Navržený softwarový balík byl vytvořen v moderním programovacím prostředí LabVIEW a s jednotlivými přístroji komunikuje pomocí sběrnice GPIB (zdroje napětí a měřicí/spínací jednotka) a USB (multifunkční DAQ karta). Popisovaný software byl vyvinutý na základě spolupráce s firmou AVX Lanškroun, která jej nasadila do vývoje a testování kondenzátorů.

Výše uvedené programovatelné přístroje jsou součástí komplexního hardwarového řešení navrženého speciálně pro dlouhodobé testování a diagnostiku kondenzátorů. Ústřední částí celého systému je řídicí panel, který umožňuje ovládat řadu procesů v průběhu měření. Jedná se zejména o zařazení zvoleného předřadného odporu (vždy sada o 58 kusech), blokadu otevření pece se vzorky, bezpečné vybití kondenzátorů atd. Z důvodu bezpečnosti obsluhy a dodržení předem definovaného technologického postupu byly ovládací prvky na řídicím panelu nahrazeny pouze prvky signalizačními a samotné řízení uvedených procesů je prováděno vzdáleně prostřednictvím multifunkční DAQ karty. Celý proces měření je ve všech režimech plně automatizován.

Po vložení testovaných kondenzátorů do pece a spuštění programu, přebírá tento program plně kontrolu nad dalším průběhem měření. Uživatel je nejdříve vyzván k výběru aktivních kanálů a jejich případnému pojmenování. Zvolené kanály a jejich popis lze volitelně uložit a při opakovaném spuštění programu opět načíst jako šablonu (viz obr. 1).

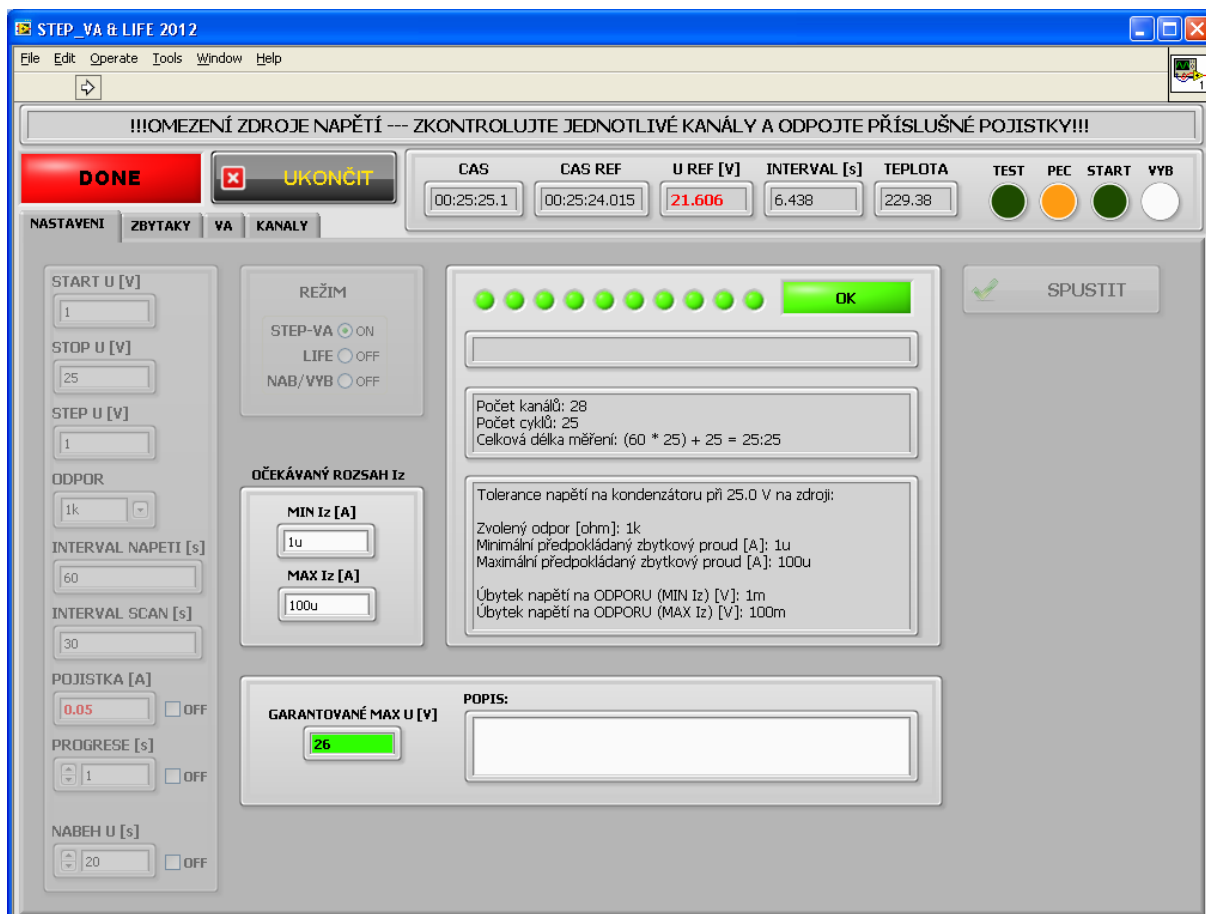
Channel	Description	Unit	Active
101			<input type="checkbox"/>
102	TEPLOTA	N	<input checked="" type="checkbox"/>
103			<input type="checkbox"/>
104			<input type="checkbox"/>
105			<input type="checkbox"/>
106			<input type="checkbox"/>
107			<input type="checkbox"/>
108			<input type="checkbox"/>
109			<input type="checkbox"/>
110			<input type="checkbox"/>
111	NAPETI	N	<input checked="" type="checkbox"/>
112			<input type="checkbox"/>
113			<input type="checkbox"/>
114			<input type="checkbox"/>
115			<input type="checkbox"/>
116			<input type="checkbox"/>
117			<input type="checkbox"/>
118			<input type="checkbox"/>
119			<input type="checkbox"/>
120			<input type="checkbox"/>
201			<input type="checkbox"/>
202			<input type="checkbox"/>
203			<input checked="" type="checkbox"/>
204			<input checked="" type="checkbox"/>
205			<input checked="" type="checkbox"/>
206			<input checked="" type="checkbox"/>
207			<input checked="" type="checkbox"/>
208			<input checked="" type="checkbox"/>
209			<input checked="" type="checkbox"/>
210			<input checked="" type="checkbox"/>
211			<input checked="" type="checkbox"/>
212			<input checked="" type="checkbox"/>
213			<input checked="" type="checkbox"/>
214			<input checked="" type="checkbox"/>
215			<input checked="" type="checkbox"/>
216			<input checked="" type="checkbox"/>
217			<input checked="" type="checkbox"/>
218			<input checked="" type="checkbox"/>
219			<input checked="" type="checkbox"/>
220			<input checked="" type="checkbox"/>
301			<input checked="" type="checkbox"/>
302			<input checked="" type="checkbox"/>
303			<input type="checkbox"/>
304			<input type="checkbox"/>
305			<input type="checkbox"/>
306			<input type="checkbox"/>
307			<input type="checkbox"/>
308			<input type="checkbox"/>
309			<input type="checkbox"/>
310			<input type="checkbox"/>
311			<input type="checkbox"/>
312			<input type="checkbox"/>
313			<input checked="" type="checkbox"/>
314			<input checked="" type="checkbox"/>
315			<input checked="" type="checkbox"/>
316			<input checked="" type="checkbox"/>
317			<input checked="" type="checkbox"/>
318			<input checked="" type="checkbox"/>
319			<input checked="" type="checkbox"/>
320			<input checked="" type="checkbox"/>

CELA SADA1     
 CELA SADA2     
 CELA SADA3

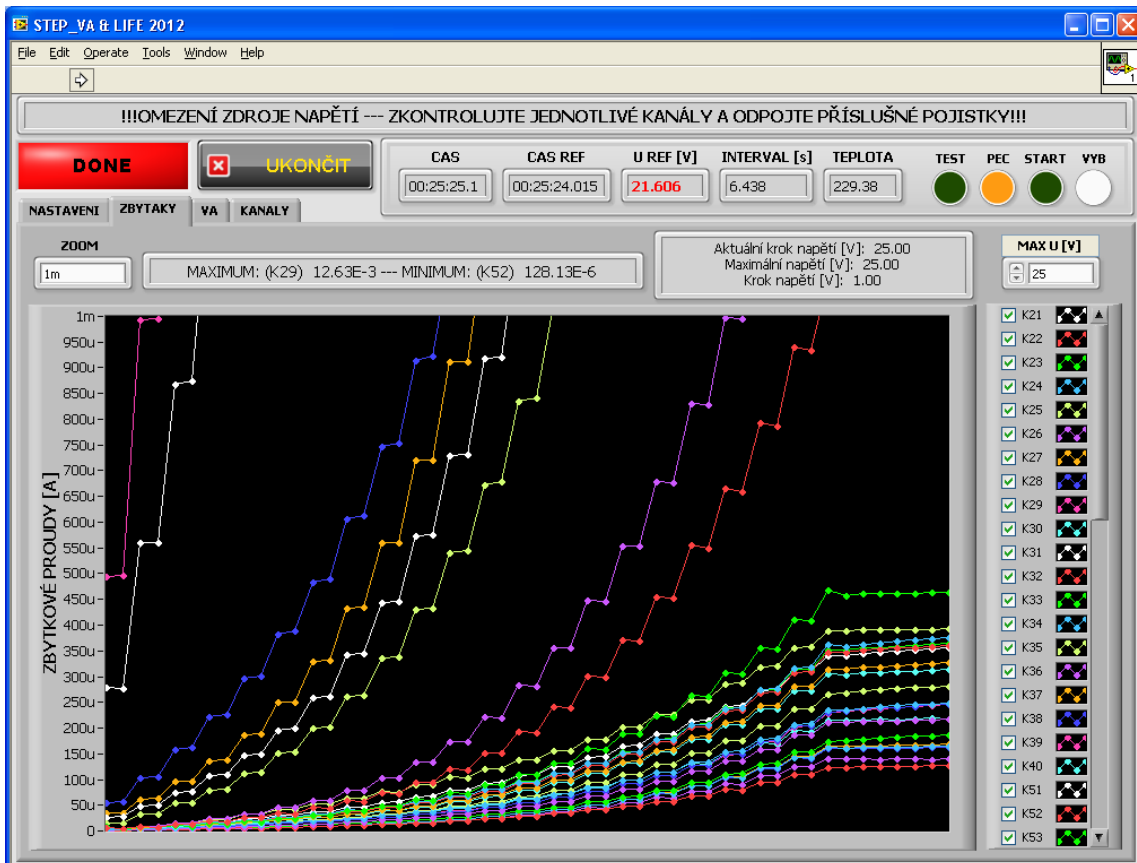
Obr. 1: Ukázka obrazovky pro výběr a popis aktivních kanálů. Tabulka odpovídá vnitřnímu uspořádání měřicí/spínací jednotky (3 sloty po 20 kanálech).

Následně již může obsluha zvolit požadovaný režim měření a u každého z nich dále specifikovat jeho parametry (viz obr. 2). Po korektním vyplnění všech povinných parametrů u vybraného režimu (průběžně kontrolováno programem) je obsluze umožněno jeho spuštění. Po spuštění měření dochází postupně k zablokování pece se vzorky testovaných kondenzátorů, zařazení správné sady zatěžovací odporů, nastavení referenčního napětí na zdrojích a následně ke skenování všech aktivních kanálů v pravidelných časových intervalech. V každém cyklu skenování kanálů dochází k postupnému ukládání hodnot všech měřených veličin do textového souboru, takže nehrozí kompletní ztráta dat při vynuceném ukončení běhu programu nebo nenadálém výpadku elektřiny.

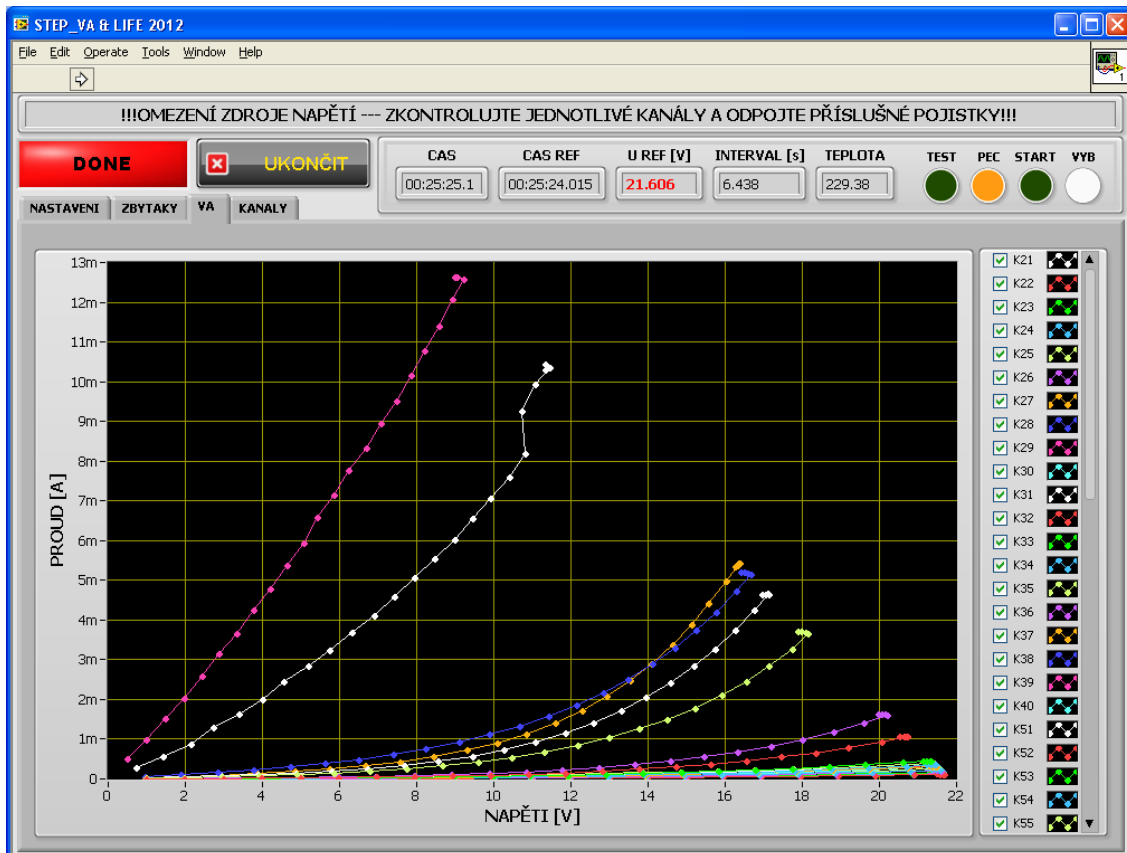


Obr. 2: Ukázka obrazovky pro výběr režimu měření a specifikaci jeho parametrů. Program průběžně kontroluje korektní vyplnění všech povinných parametrů.

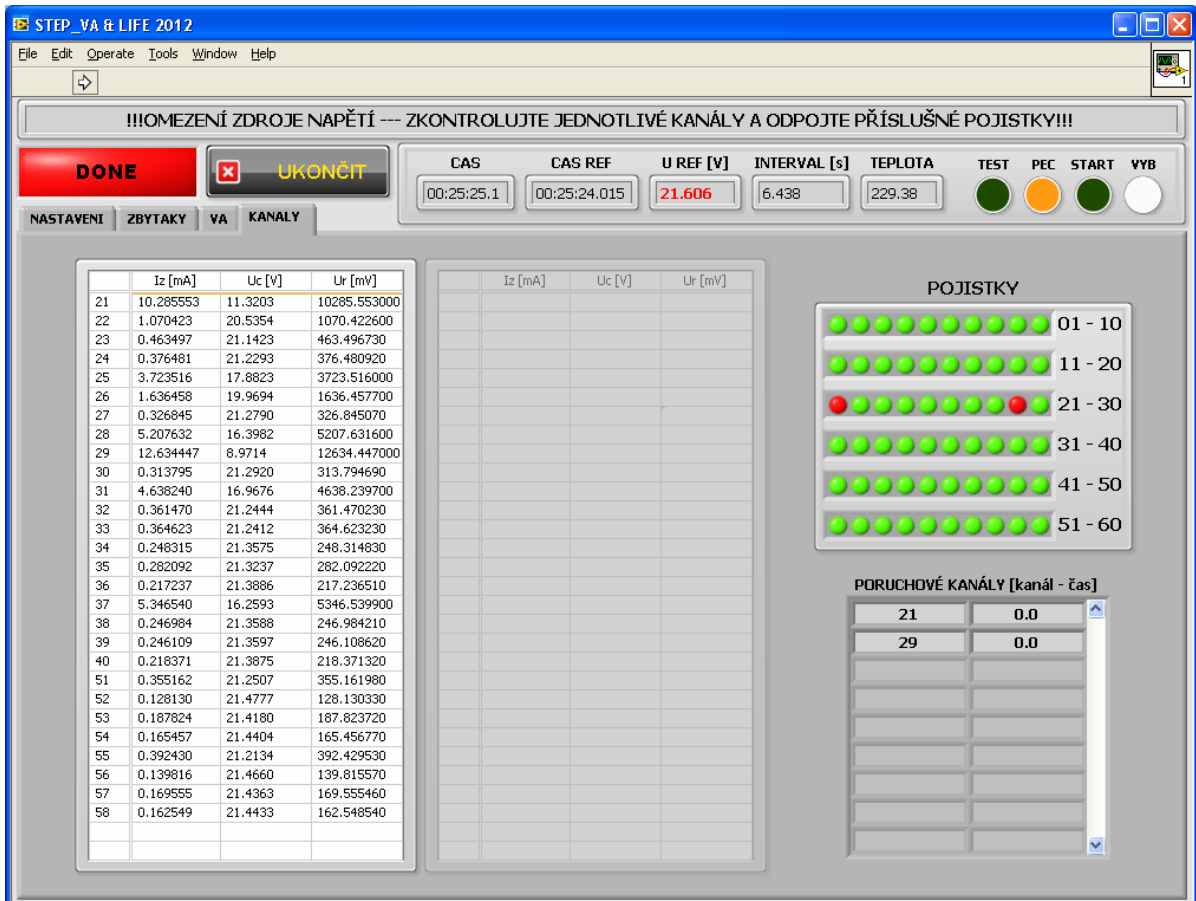
Průběh měření lze sledovat prostřednictvím vykreslovaných grafů a uživatel může selektivně zvolit, které z měřených vzorků (kanálů) budou vykreslovány do společných grafů (viz obrázky 3 a 4). Součástí programu je také obrazovka s přehlednou tabulkou všech měřených veličin u jednotlivých aktivních kanálů a vizuální signalizací případného zkratu u některého z testovaných vzorků (viz obr. 5). Obsluha je tak upozorněna na vznikající problémy a může na ně včas reagovat (např. odstraněním pojistky u problematického kanálu, čímž dojde k jeho odpojení od zdroje napětí). Po ukončení měření dochází postupně k vypnutí napětí na zdrojích, k bezpečnému vybití kondenzátorů a odblokování pece se vzorky. U každého ze tří režimů měření se navíc automaticky otevře okno MS EXCEL, kde se do prvního listu vloží parametry daného měření a do další listů jsou vloženy konkrétní výsledky měření v dohodnutém formátu (viz obr. 6). Pracovní sešit MS EXCEL je následně uložen a program se ukončí.



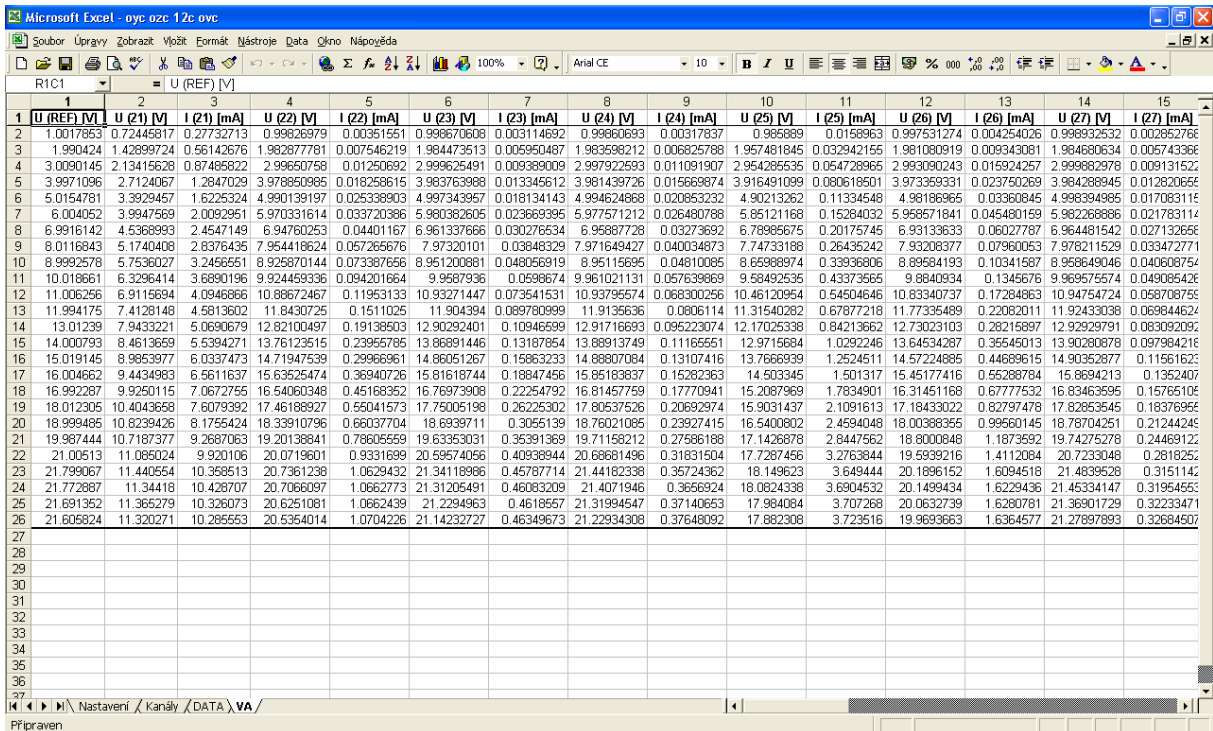
Obr. 3: Ukázka vykreslovaných grafů – zbytkové proudy v čase při rostoucím napětí.



Obr. 4: Ukázka vykreslovaných grafů – dlouhodobé VA charakteristiky.



Obr. 5: Ukázka obrazovky s přehlednou tabulkou všech měřených veličin u jednotlivých aktivních kanálů a vizuální signalizací případného zkratu (vzorek 21 a 29).



Obr. 6: Ukázka sešitu MS EXCEL vytvořeného před ukončením programu.

## **Následuje stručná charakteristika zmiňovaných režimů měření.**

### **Režim dlouhodobého měření zbytkových proudů kondenzátorů (LIFE):**

V tomto základním režimu dochází k dlouhodobému měření zbytkových proudů testovaných kondenzátorů při definované velikosti referenčního napětí. Uživatel může nastavit hodnotu referenčního napětí na zdrojích (v rozsahu 0 až 220 V), celkovou dobu měření a časový interval mezi skenováním aktivních kanálů. Program v tomto režimu nejdříve připojí do obvodu sadu zatěžovacích odporů požadované velikosti a nastaví na zdrojích zadané vstupní napětí. Poté se v pravidelných intervalech skenují všechny aktivní kanály a na základě naměřených napětí na zatěžovacích odporech program dopočítá zbytkové proudy kondenzátorů. Proces pravidelného skenování všech zvolených kanálů se opakuje dokud není překročena požadovaná doba měření. Zbytkové proudy (včetně dalších dodatečných informací) jsou po každém skenování postupně ukládány do textového souboru v předem dohodnutém formátu. Jedná se o dlouhodobý režim měření zbytkových proudů kondenzátorů, který může trvat i několik dnů.

### **Režim dlouhodobého měření VA charakteristik (STEP VA):**

Tento režim se od výše uvedeného odlišuje tím, že u něj dochází ke skokovému zvyšování referenčního napětí na zdrojích v předem definovaných časových cyklech. Obsluha může nastavit (kromě parametrů z režimu LIFE) také počáteční a koncovou hodnotu referenčního napětí a velikost kroku napětí v jednotlivých cyklech. Po skokovém zvýšení napětí se vždy po definovanou dobu opakuje proces popsáný v předchozím režimu (skenování aktivních kanálů v pravidelných časových intervalech). Na konci každého cyklu se ukládají poslední hodnoty měřených zbytkových proudů a postupně se tak vykresluje dlouhodobá VA charakteristika testovaných kondenzátorů. Kromě dlouhodobé VA charakteristiky se ukládají a vykreslují také data získaná při každém skenování aktivních kanálů. Díky tomu má uživatel po dokončení měření k dispozici kompletní záznam celého měření.

### **Režim měření nabíjecích a vybíjecích charakteristik (NAB/VYB):**

V tomto režimu lze současně měřit nabíjecí a vybíjecí charakteristiky až 58 kondenzátorů. Při volbě tohoto režimu obsluha nastavuje velikost předřadného odporu při nabíjení kondenzátorů, hodnotu referenčního napětí a časový interval mezi skenováním vybraných kanálů. Nabíjecí charakteristiky jsou poté v pravidelných intervalech vykreslovány do společného grafu. Po dosažení požadovaného napětí na kondenzátorech může obsluha nabíjecí proces ukončit a volitelně proměřit i jejich vybíjecí charakteristiky, a to i na jiné sadě předřadných odporů a s menším časovým intervalem skenování.

## **Závěrečné shrnutí**

Finální verze vytvořeného software je dostatečně univerzální, stabilní a uživatelsky jednoduchá, což umožňuje její využití v oblasti testování a vývoje kondenzátorů. Výše popsáný software vzniknul v rámci dohody o spolupráci mezi Vysokým učením technickým v Brně a AVX Czech Republic s.r.o. Software byl aplikován do vývoje a testování kondenzátorů a umožňuje dlouhodobě proměřit parametry kondenzátorů v různých fázích jejich vývoje.

Uvedený software je licencován pro komerční subjekty (licence je k dispozici u odpovědného pracovníka na pracovišti UFYZ FEKT). Ekonomické parametry nelze jednoduše specifikovat, protože firma AVX Lanškroun využívá tento software prozatím pouze pro účely výzkumu, vývoje a testování kondenzátorů. Předpokládaný finanční objem testovaných produktů se pohybuje v řádech mil. Kč.