

# Návrh automatizačnej linky pre testovanie

Proposal of Automation Line for Testing

Ing. Matúš Varačka



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta aplikované informatiky**

akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Matúš Varačka**

Osobní číslo: **A12493**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh automatizační linky pro testování**

**Zásady pro vypracování:**

- 1. Zpracujte literární rešerši řešení ve světě.**
- 2. Analyzujte návrh linky a podmínky procesů.**
- 3. Naprogramujte měřicí proces v LabView.**
- 4. Vytvořte dokumentaci pro software měření a jeho implementaci.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **LabVIEW Core 1 Course Manual. National Instruments Corporation, 2009.**
2. **LabVIEW Core 2 Course Manual. National Instruments Corporation, 2009.**
3. **LabVIEW Basics I: Introduction Course Manual. National Instruments Corporation, 2007.**
4. **LabVIEW Basics II: Development Course Manual. National Instruments Corporation, 2007.**
5. **WEBSTER, J., G. The measurement, instrumentation, and sensor handbook. New York: CRC Press LLC; Springer-Verlag, 1999, s. 1932. ISBN 3-540-64830-5**
6. **FRADEN, J. Handbook of Modern Sensors. Physics, designs, and Applications. New York: Springer Verlag, 1996, s.556. ISBN 1-56396-538-0**
7. **CHUDÝ,V. a kol.Meranie technických veličín. Bratislava: STU, 1999. ISBN 80-227-1275-2**
8. **HRUŠKA,F. Technické prostředky automatizace IV. Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Učební texty. 3.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, květen 2005, s. 107. ISBN 80-7318-274-2**
9. **HRUŠKA,F. Projektování řídicích a informačních systémů. Učební texty. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010, s.175. ISBN 978-80-7318-979-2.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Hruška, Ph.D.**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce: **7. března 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. června 2014**

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ka ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo navrhnuť a realizovať zariadenie určené na testovanie elektrického odporu testovaného modulu. Toto zariadenie bude slúžiť vo výrobnom procese vo firme, ktorá sa zaoberá výrobou vykurovacích a chladiacich zariadení. Zariadenie bude naprogramované v prostredí LabVIEW a bude dodržiavať všetky štandardy zaužívané v spoločnosti. Diplomová práca vo svojej teoretickej časti opisuje testovaný modul a jeho základný princíp, základné pojmy, funkčnosť a popis súčasného zariadenia, ktoré sa používa vo svete a vylepšenia navrhovaného zariadenia. Praktická časť opisuje jednotlivý postup pri návrhu zariadenia, jeho programovanie a uvedenie do prevádzky. Práca je doplnená krátkymi ukážkami kódu, ktoré zariadenie využíva.

Kľúčová slova: LabVIEW, TwinCAT, POKA YOKE, VPL, ZPL

## **ABSTRACT**

The main aim of the thesis was to design and implement a device designed to test the electrical resistance of the tested module. This equipment will be used in the production in the company, which manufactures heating and cooling equipment. The device will be programmed in LabVIEW and will comply with all the standards customary in company. Master's thesis in its theoretical part describes the test module and its basic principle, basic concepts, functionality and description of existing equipment, which is used worldwide and improvements proposed facility. The practical part describes the various procedures in the design of the device, its programming and commissioning. The work is complemented by a short sample of code that uses the device.

Keywords: LabVIEW, TwinCAT, POKA YOKE, VPL, ZPL

Ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Františkovi Hruškovi, Ph.D. z Ústavu elektroniky a měření za odbornú pomoc. Ďalej ďakujem svojej rodine, svojej priateľke a kamarátom za poskytnutú podporu.

PodĎakovanie patrí aj spoločnosti Vaillant Industrial Slovakia s. r. o., za umožnenie písať diplomovú prácu práve v tejto spoločnosti.

Motto: "Neverím na šťastie, na ktoré musíš čakať, kým do života ti konečne ono vstúpi, pokiaľ ideš za niečím, vytrvale s nadšením, to more sa pred tebou rozostúpi." (Majk Spirit)

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 SPOLOČNOSŤ VAILLANT.....</b>	<b>11</b>
1.1 O SPOLOČNOSTI.....	11
1.2 PRODUKTY .....	12
1.2.1 Trenčín plant .....	13
1.2.1.1 Úspechy.....	13
1.3 KOTOL VED.....	14
1.3.1 Zloženie kotla VED.....	15
1.3.2 Princíp činnosti.....	17
<b>2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU.....</b>	<b>18</b>
2.1 ANALÝZA SÚČASNÉHO ZARIADENIA .....	18
2.1.1 Nevýhody súčasných zariadení .....	20
2.2 FUNKCIE NAVRHOVANÉHO TESTERA.....	21
<b>3 POUŽITÝ SOFTWARE A HARDWARE, POJMY.....</b>	<b>23</b>
3.1 LABVIEW.....	24
3.1.1 Popis vývojového prostredia .....	25
3.2 TWINCAT.....	28
3.3 UTS .....	28
3.4 DAREX .....	28
3.5 FESTO SERVOPOHON.....	28
3.6 BECKHOFF MERACÍ MODUL.....	29
3.7 PNEUMATICKÝ VALEC .....	29
3.8 PRIEMYSELNÝ POČÍTAČ IPC .....	29
3.9 POKA YOKE.....	29
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>4 NÁVRH TESTERA.....</b>	<b>32</b>
4.1 POŽADOVANÉ FUNKCIE.....	32
4.1.1 Meranie elektrického odporu .....	32
4.1.2 Tlačenie kontrolných štítkov .....	33
4.2 VZHLAD .....	34
4.3 BEZPEČNOSŤ .....	35
4.4 FINANČNÁ STRÁNKA.....	36
4.5 POUŽITÉ ZARIADENIA .....	38
<b>5 UVEDENIE DO PREVÁDZKY.....</b>	<b>41</b>

5.1	PROGRAMOVANIE TESTERA .....	41
5.2	TLAČENIE ŠTÍTKOV .....	48
5.3	UKLADANIE VÝSLEDKOV DO DATABÁZY .....	51
<b>6</b>	<b>TESTOVANIE.....</b>	<b>53</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>63</b>



## ÚVOD

Svoju diplomovú prácu som sa rozhodol zamerať na návrh a vývoj poloautomatického zariadenia, určeného na testovanie elektrického odporu, ktoré je zaradené vo výrobnom procese. Toto zariadenie bude umiestnené a využívané vo firme VAILLANT Industrial Slovakia, kde pracujem ako softvérový inžinier a starám sa o návrh a programovanie výrobných liniek.

V dnešnej dobe sa čoraz viac spoliehame na prácu robotov či strojov. Je to kvôli tomu, že nám uľahčujú prácu, čoraz viac sa dokážeme na ne spoľahnúť, zabezpečujú väčšiu presnosť a v neposlednej rade urýchľujú výrobné procesy.

Keď sa v súčasnosti poprechádzame po výrobných priestoroch rôznych výrobných firiem, môžeme si všimnúť veľké množstvo poloautomatických či plne automatických strojov.

Firmy sa na ne čoraz viac spoliehajú, robia prácu efektívnejšiu a presnejšiu. Samozrejme, nie všetko sa dá nahradiť takýmto strojom a stále je pre určité úkony potrebná ľudská sila. Či už na ovládanie týchto strojov alebo na samostatnú prácu v celom procese. Netreba však zabúdať na to, že každé nasadenie takýchto strojov je potrebné si poriadne premyslieť a spočítať.

Často sa jedná o nemalé investície ktoré musia mať určitú návratnosť. Vo veľa prípadoch som sa stretol s neefektívnym návrhom stroja, kedy ľudská práca vychádzala podstatne lacnejšie ako nahradenie automatickým strojom a navyše bola efektívnejšia. Netreba počítat len s cenou samotného stroja, treba myslieť aj na cenu práce na vývoji, testovaní, programovaní a podobne.

Vo svojej práci sa budem zaoberať návrhom, cenovou kalkuláciou a hlavne softvérovým riešením celého zariadenia.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 SPOLOČNOSŤ VAILLANT

## 1.1 O spoločnosti

Vaillant Group je medzinárodná úspešná spoločnosť, ktorá sa sústreďuje na vyhrievacie a klimatizačné technológie.

Spoločnosť vyvíja a vyrába výrobky šité na mieru, ponúka systémy a služby pre vykurovanie, chladenie a ohrev teplej vody.

Vaillant Group bol rodinnou firmou založenou v roku 1874 inštalátorom Johannom Vaillantom v Remscheide, v Nemecku. V súčasnosti značka Vaillant Group zahŕňa celkovo osem značiek. Medzi tieto značky patria napríklad Protherm, určený pre český a slovenský trh, DemirDöküm určený pre turecký trh, Hermann pre taliansky trh a ďalšie.

Sídlo spoločnosti je v Nemecku, no zároveň má svoje výrobné haly v 12 mestách po celom svete. Tieto výrobné haly sú napríklad v Anglicku, Turecku, Španielsku či v Číne.

S týmito ôsmimi technologickými značkami patrí Vaillant Group medzi jednu z hlavných medzinárodných dodávateľov produktov a služieb v tomto sektore.



Obr. č. 1 - Technologické značky Vaillant Group

## 1.2 Produkty

Spoločnosť Vaillant Group sa neustále snaží vyvíjať a prinášať na trh nové produkty. Tieto produkty vyplývajú z požiadaviek trhu a zo zmeny a vylepšenia technológie. Vo svojej produkcii ponúka široké množstvo typov a druhov zariadení, určených na vykurovanie, chladenie a ohrev vody.

Medzi produkty, ktoré Vaillant Group vyrába, patria:

- závesné kondenzačné plynové kotly
- stacionárne kondenzačné spotrebiče
- tepelné čerpadlá
- solárne systémy
- ovládacie prvky
- peletové kotle



Obr. č. 2 – Produkty spoločnosti Vaillant Group [1]

### 1.2.1 Trenčín plant

Spoločnosť Vaillant Industrial Slovakia, s. r. o. bola založená ako súčasť skupiny Vaillant Group v roku 2004 v Trenčíne. V súčasnosti v nej pracuje 625 zamestnancov. Pracuje sa systémom „one piece flow“ čo prináša väčšiu obmenu práce pre zamestnancov vo výrobnom procese. Od roku 2012 sa však niektoré výrobné linky modifikovali na pásovú výrobu. V Trenčíne sa vyrábajú časti kotlov, ktoré sa potom dodávajú svojim odberateľom. Medzi týchto odberateľov patrí Vaillant (Nemecko), Protherm (Skalica, Slovensko), Glow Worm (U. K. ), Saunier Duval (Francúzsko) a iné. V Trenčíne sa vykonáva až 51% všetkých testov modulov z celej produkcie Vaillant Group.

#### 1.2.1.1 Úspechy

V roku 2011 sa závod v Trenčíne dostal do finále súťaže National Quality Award.



Obr. č. 3 - National Quality Award



Obr. č. 4 - Získaný titul

2011 – Trenčín plant získal aj Bezpečný podnik

2011 - ocenenie za najlepšie environmentálny projekt v súťaži Sustainability Award for best environmental projects in VaillantGroup

2012 úspešne vyrobený 20 000 000. modul.

V súčasnosti závod v Trenčíne pracuje pod ISO 9001 pre kvalitu a ISO 14001 pre environment.

Súčasný obrat sa pohybuje okolo 276 M€ a denná produkcia v Trenčíne je 17 000 modulov

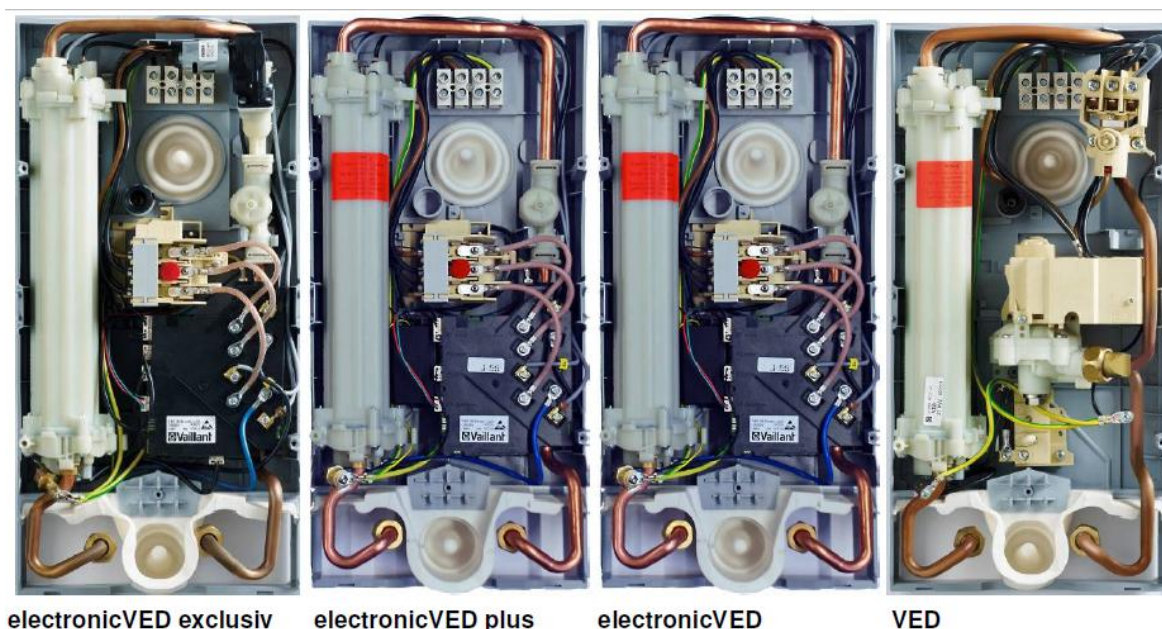
Z týchto vyrobených modulov sa následne robí individuálny test pre každý modul + 1% kompletný test shipping audit. [1]



Obr. č. 5 – Vaillant Group v Trenčíne

### 1.3 Kotel VED

Moja diplomová práca sa bude zaoberať testerom elektrického odporu, ktorý bude testovať jednu zo súčastí kotla s označením VED. VED je označenie pre elektronický prietokový ohrievač, ktorý je z produkcie Vaillant. Tento kotol prichádza na trh v rôznych vyhotoveniach. Tie sa od seba odlišujú rôznymi výkonmi, ktoré ponúkajú a taktiež typmi.



Obr. č. 6 – Zloženie jednotlivých kotlov VED

Prvé dva typy, VED exclusiv a VED plus sa odlišujú tým, že ako jediné sa dajú zapojiť spoločne so solárnymi panelmi. VED exclusiv ako jediný typ obsahuje aj Temptronic, ktorý slúži na reguláciu prietoku vody, ktorý vstupuje do zariadenia.



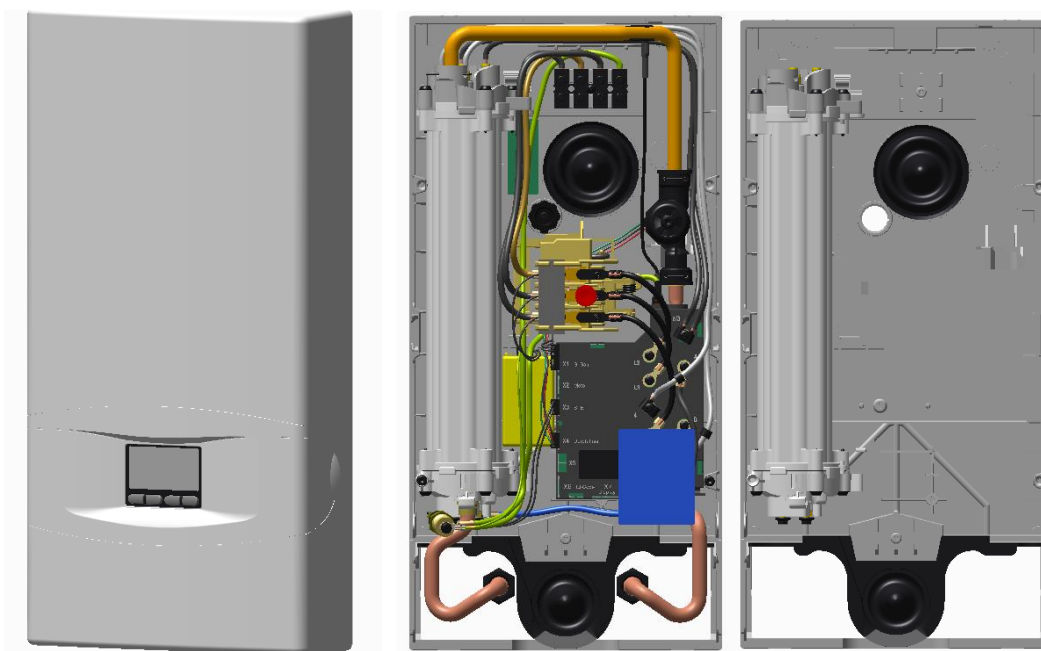
V súčasnosti poznáme nasledovné typy:

Typové označenie	Popis	názov	Typové označenie	Popis	názov
20072697	VED H 21 kW hb	Heat block	20072702	VED E 24 kW ehb	Exclusive
20072698	VED H 27 kW hb	Heat block	20072703	VED H 18 kW hb	Heat Block
20072699	VED E 18 kW ehb	Exclusive	20072704	VED H 24 kW hb	Heat Block
20072700	VED E 24 kW phb	Plus HB	20072705	VED H 18 kW hb	Heat Block
20072701	VED E 21 kW ehb	Exclusive	20072706	VED E 27 kW ehb	Exclusive

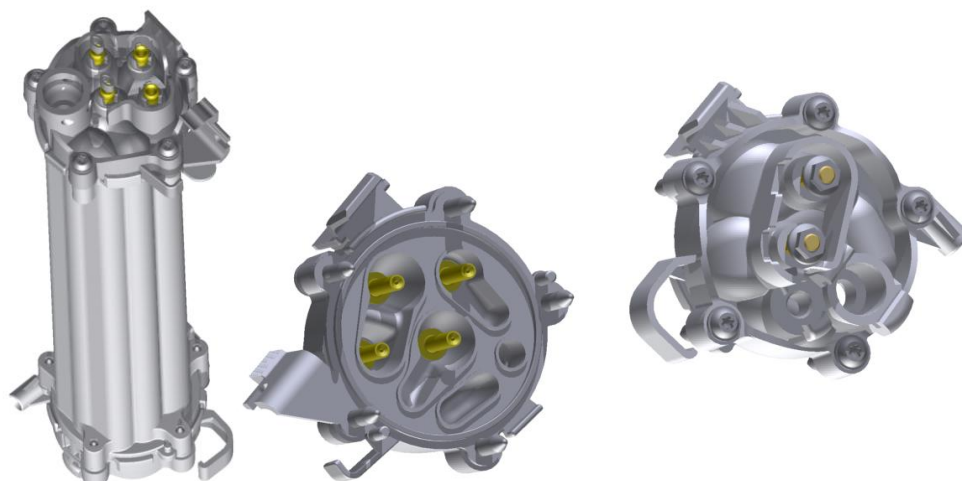
Tab. č. 1 – Vyhotovenia a označenie typov kotla VED

### 1.3.1 Zloženie kotla VED

Po odstránení predného krytu kotla, ktorý slúži zároveň aj ako ochranný kryt, si môžeme všimnúť celé zloženie kotla. Z celého tohto zostavenia ma bude zaujímať len časť, ktorá je zobrazená na pravej strane. Ide o súčasť kotla, cez ktorú preteká voda, ktorú chceme ohrievať. V tomto zariadení dochádza ku chladeniu pružín kvapalinou, ktorá sa touto činnosťou ohrieva. To zapríčiňuje ohrev kvapaliny.



Obr. č. 7 – zloženie kotla VED



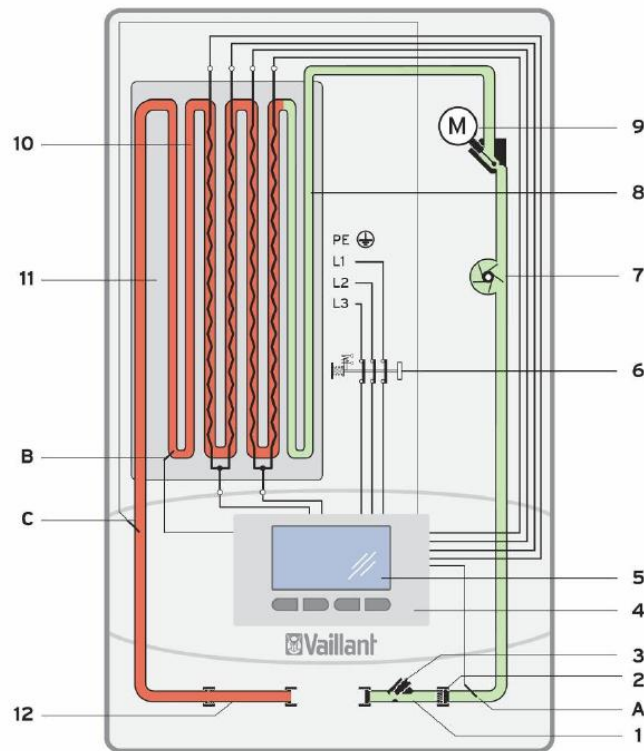
Obr. č. 8 – výmenník tepla

Vo výhrevnom bloku sa nachádzajú 4 pružiny, ktoré slúžia na ohrev vody. Vďaka tomu, že sa jedná o pružiny, dokážeme zabráť väčšiu plochu a tým je výhrevnosť efektívnejšia.

Na predchádzajúcom obrázku (Obr. č. 8) je zobrazený výhrevný blok bez obvodového plášťa, kde je vidieť priestor pre uchytenie štvorice pružín. Tieto pružiny sú do bloku umiestnené v mierne natiahnutom stave, aby nedochádzalo k medzizávitovým skratom.



### 1.3.2 Princíp činnosti



Obr. č. 9 – Princíp činnosti

Po otvorení ventilu na teplú vodu, studená voda začne prichádzať do kotla cez potrubie (1) a cez vodný filter (2) do prietokového senzora (7). Prietokový senzor meria prietok a posiela informáciu do elektronického zariadenia (4). Vo vykurovacom bloku sa začne voda ohrievať na zvolenú teplotu. Ku kontrole slúži trojica teplotných senzorov (A, B, C). Elektronické zariadenie určí požadovaný výstup v závislosti na aktuálnej teplote horúcej vody v kombinácii s teplotou na vstupnom senzore (A). Ak sa na výstupe zistí, že výsledná teplota je príliš vysoká alebo nízka, Temptronic (M) dokáže redukovať prietok cez motorček (9). V prípade, ak je prietok príliš nízky a elektrická energia je stále dodávaná, bezpečnostný spínač okamžite vypne napájacie napätie. [4]

## 2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Kotol VED, ktorý som popísal v predchádzajúcej kapitole, prechádza pri výrobe rôznymi montážnymi pracoviskami. Pri každom je potrebné zabezpečiť a overiť plnú funkčnosť vyrobenej a pridanej časti. Jednou z takýchto pracovísk je aj výrobná stanička, na ktorej sa do výhrevného bloku vkladajú pružiny, ktoré zabezpečujú ohrev vody v hotovom produkte. Tieto pružiny je potrebné otestovať.

Vo vyhrievacom bloku sa nachádzajú štyri pružiny, ktoré je potrebné pri výrobe nového kotla skontrolovať. Kontrola prebieha pomocou merania elektrického odporu. Každá z pružín musí spĺňať požiadavky a elektrický odpor sa musí nachádzať v zadanom rozsahu.

Z dôvodu, že vo výhrevnom bloku sa tieto pružiny nachádzajú v mierne natiahnutom stave, musí sa aj testovanie pružín a meranie ich elektrického odporu vykonávať v tomto natiahnutom stave. V prípade, že by sa tieto pružiny nenatiahli, mohlo by dochádzať k medzizávitovým skratom, ktoré sú nežiaduce.

### 2.1 Analýza súčasného zariadenia

V súčasnosti sa v závode nachádza zariadenie, ktoré je určené na testovanie elektrického odporu, no v dnešnej podobe je nevyhovujúce. Toto zariadenie pochádza z Nemecka, kde sa stále rovnaký model používa.



Obr. č. 10 – súčasné zariadenie, Nemecko

Toto zariadenie prináša v súčasnosti však množstvo nevýhod, ktoré je potrebné čo najviac eliminovať.

Každý vyrábaný typ kotla má svoju vlastnú špecifikáciu a svoje vlastné rozmedzie pre hodnoty elektrického odporu testovaných pružín. Preto je potrebné, aby počas testu bol nastavený správny typ kotla, ktorého pružiny sa práve testujú.

Na súčasnom zariadení je potrebné tento typ nastaviť manuálne. Operátor výroby nastaví podľa priloženej tabuľky, ktorá je umiestnená na výrobnéj linke, vzdialenosti, do ktorých budú pružiny vytiahnuté. Tieto vzdialenosti slúžia ako dorazy pre súčasti testera, na ktorom je uchytená jedna strana všetkých pružín. Tieto súčasti sú následne po stlačení tlačidla vytlačené pomocou pneumatického valca až po tieto dorazy. V tomto bode sa zmeria elektrický odpor.

### 2.1.1 Nevýhody súčasných zariadení

Každý takýto test by mal byť vyhodnotený operátorom. V prípade, že test bol úspešný, musí operátor takto otestovaný kus označiť na vyznačené miesto nálepkou, ktorá obsahuje údaje o výrobku. Po takomto označení môže otestovaný výrobok ísť na ďalšie staničky a pokračovať v ďalšom výrobnom procese.

Jednou z nevýhod je, že operátor môže túto nálepku nalepiť aj v prípade neúspešného testu alebo dokonca aj bez otestovania. Vzhľadom na to, že nálepky sa voľne nachádzajú pri testovacím zariadení. Pri súčasnom zariadení je jedinou možnosťou spoľahnúť sa na správne vykonanú činnosť testovacieho operátora. V opačnom prípade by sa mohlo stať, že sa do výroby dostanú aj kusy, ktoré prešli s negatívnym výsledkom testu prípadne sa testu ani nezúčastnili.

Ďalšou z nevýhod je manuálne nastavovanie dorazov. Toto prináša veľké časové zdržanie pre testovacieho operátora. Taktiež tu vzniká priestor pre možnú chybu operátora, keďže neexistuje žiadna spätná kontrola, či operátor nastavil výšku dorazov správne a teda na požadovanú a určenú vzdialenosť. V takomto prípade by mohlo dôjsť k nesprávnemu otestovaniu výrobkov.

Celý tento proces sprevádza aj časová náročnosť. Keďže operátor musí ručne nastavovať dorazy pre testované moduly, musí venovať nemalý časový priestor práve na toto nastavovanie. Neskôr však aj celý testovací proces zaberá veľké množstvo času.

Jeden test trvá približne 5 sekúnd. Počas celej tejto doby musí testovací operátor držať zatlačené tlačidlo pre vykonanie testu.

Z tohto dôvodu sa nemôže popri teste venovať žiadnej ďalšej činnosti, ako napríklad príprava ďalšieho modulu alebo podobne.

Na súčasnom zariadení, ktoré je využívané napríklad v Nemecku, nie je taktiež žiadne zabezpečenie bezpečnosti. Počas testu môže operátor priložiť ruku alebo prsty do vnútra zariadenia a zariadenie to nezaregistruje. Tým pádom sa test vykoná. Vzhľadom na to, že súčasť s pružinami je posúvaná vďaka pneumatickým valcom veľkou rýchlosťou, je tu veľké riziko zranenia.

## 2.2 Funkcie navrhovaného testera

Navrhované zariadenie, ktoré by malo slúžiť na testovanie elektrického odporu jednotlivých pružín na testovanom module, by malo v čo najväčšej miere potlačiť nevýhody zo súčasného zariadenia. Taktiež bude kladený veľký dôraz na bezpečnosť testovacieho operátora počas testu.

Zariadenie bude doplnené o riadiaci priemyselný počítač, ktorý bude celé zariadenie riadiť. Testovací operátor bude mať k dispozícii dotykovú obrazovku, na ktorej bude môcť sledovať výsledky testov a taktiež nastavovať zmenu typu výrobku.

Zariadenie bude pružiny ťažovať do požadovanej vzdialenosti pomocou servopohonov, ktoré zabezpečia natiahnutie na požadovanú vzdialenosť.

V prípade, že testovací výrobok splnil všetky podmienky, bude nálepka, ktorú je testovací operátor povinný nalepiť na testovací kus, vytlačená na príslušnej tlačiarňi. Týmto sa zamedzí možnému pochybeniu testovacieho operátora a taktiež tomu, aby sa do ďalšej výroby nedostali kusy ktoré úspešne neprešli testom prípadne sa testu ani nezúčastnili.

Navrhovaný tester bude doplnený o kryty celého zariadenia a taktiež o optickú bránu, ktorá v prípade narušenia priestoru monitorovaného optickou bránou preruší celý test a zastaví zariadenie. Vďaka tomuto opatreniu sa dosiahne vyššia bezpečnosť pre testovacieho operátora a taktiež pre ľudí, ktorí sa budú nachádzať v jeho blízkom okolí.

Taktiež sa bude klásť dôraz na zníženie času testu, zo súčasných 5 sekúnd na jeden testovací kus. Tento bod nie je však pri návrhu prioritný, vzhľadom na to, že dôvodom nového zariadenia má byť hlavne prínos vyššej bezpečnosti a zamedzenie posielania do výroby netestovaných kusov.

Skrátenie času by malo byť aj tak dosiahnuté pomocou odstránenia procesu, kedy testovací operátor musí vyčítať z priloženej tabuľky požadované vzdialenosti pre natiahnutie pružín, a tieto hodnoty ručne nastaviť na stojkách súčasného zariadenia. Tento proces je počas testu veľmi zdĺhavý a predstavuje veľkú časovú stratu operátora. Taktiež by skráteniu času malo pomôcť to, že operátor nebude musieť počas celého testu držať stlačené tlačidlo pre vykonanie testu a bude sa tak môcť popri testovaní venovať aj ďalším činnostiam, ako napríklad príprave ďalšieho kusa a podobne.

Okrem týchto funkcií je pri návrhu potrebné myslieť aj na prostredie, v ktorom sa bude testovacia stanica nachádzať. Je potrebné zabezpečiť, aby funkčnosť nebola neskôr ovplyvnená nevhodnými vplyvmi prostredia. Toto zariadenie sa bude nachádzať v bežnom výrobnom prostredí, kde nie je žiadnym spôsobom zvýšená miera prachu, vlhkosti či extrémne vplyvy teploty. Taktiež toto zariadenie nebude vystavené priamemu slnečnému zariadeniu. Pri návrhu sa musí hlavne dbať na robustnú konštrukciu a na veľkú pevnosť pohyblivých častí, vzhľadom na to, že stanica bude namáhaná niekoľko hodín denne.

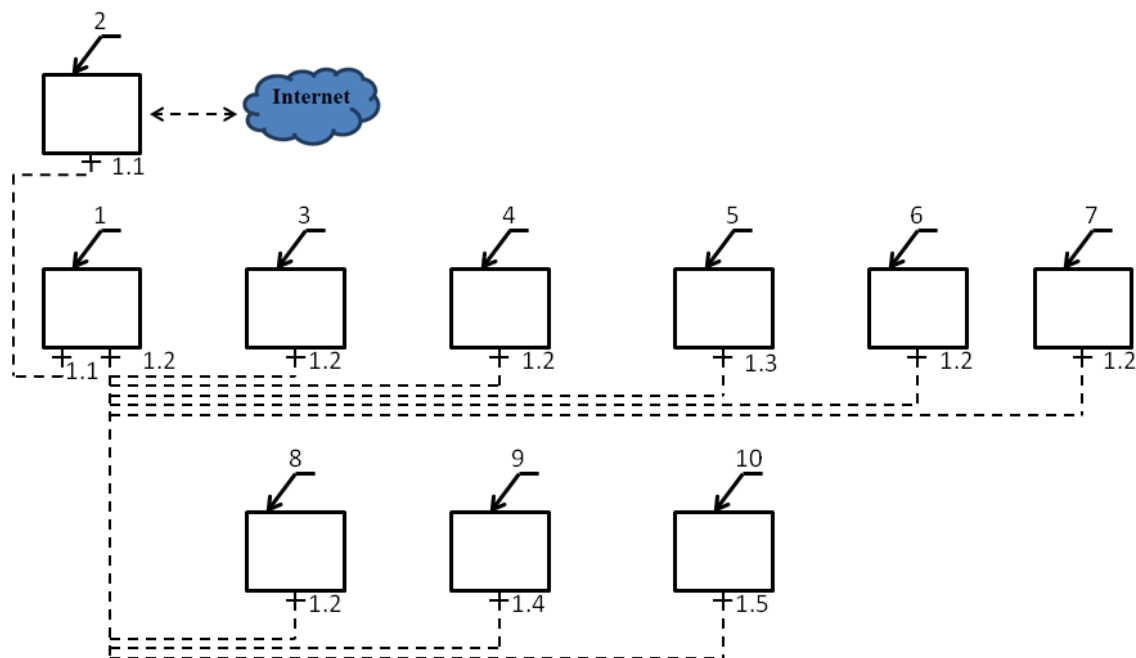
Obrazovky, ktoré sa budú nachádzať na stanici by mali byť schopné chodu v priemyselnom prostredí a byť vybavené dotykovým displejom s odolným povrchom.

Vzhľadom na miesto, kde bude tester umiestnený, je potrebné dodržať aj rozmery. Tieto rozmery by nemali presahovať výšku 1300 mm od výšky pracovného stola a šírku testera 1000 mm.

Zariadenie by mal riadiť priemyselný počítač od firmy Beckhoff, nakoľko sa tieto počítače vyskytujú takmer pri všetkých zariadeniach vo firme a mal by byť vybavený operačným systémom Windows.

### 3 POUŽITÝ SOFTWARE A HARDWARE, POJMY

Blokový diagram zapojenia celého testovacieho zariadenia



Obr. č. 11 – blokový diagram HW

Označenie	popis	Označenie	popis
<b>1</b>	IPC Beckhoff	<b>9</b>	Dotyková obrazovka AFL
<b>2</b>	Switch	<b>10</b>	Tlačiareň Zebra
<b>3</b>	FESTO krokový motor	1.1	Ethernet kábel
<b>4</b>	FESTO lineárna jednotka	1.2	EtherCAT cable, E-bus
<b>5</b>	Optická brána SICK	1.3	Plug M 12 x 5
<b>6</b>	FESTO pneumatický valec	1.4	Sériový kábel RS232
<b>7</b>	FESTO pneumatický valec na čeluste	1.5	Sériový kábel RS232
<b>8</b>	Merací modul el. odporu Beckhoff		

Tab. č. 2 – jednotlivé časti blokového diagramu

Pri návrhu nového zariadenia, ktoré bude určené na testovanie súčasti kotla VED a meranie elektrického odporu pružín, je potrebné správne zvoliť software, ktoré bude zariadenie používať a hardware, z ktorého sa bude skladať.

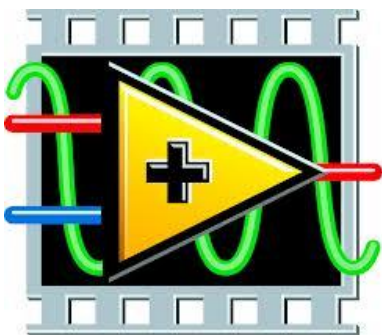
Hlavnú kosru ovládania zariadenia bude tvoriť program vytvorený vo vývojovom prostredí LabVIEW, v ktorom som vývojár a ktoré sa v našej spoločnosti používa. Toto prostredie je štandard pre všetky naše výrobné linky. K tomuto programu sú potrebné aj ďalšie programové vybavenia, ktoré budú zabezpečovať správny chod.

### 3.1 LabVIEW

LabVIEW patrí medzi vývojové prostredia americkej spoločnosti National Instruments. Táto spoločnosť vznikla v roku 1970 a bola založená tromi ľuďmi, ktorí pracovali na univerzite v Texase.

Tento názov LabVIEW predstavuje skratku zo slov Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. Ide o systémovo dizajnovú platformu a vývojové prostredie pre vizuálny programovací jazyk. Vizuálne programovací jazyk (VPL) sa vyznačuje tým, že umožňuje programátorovi vytvárať programy za použitia grafických programových modulov namiesto textového kódu.

LabVIEW má integrované také nástroje, ktoré by mohli inžinieri a vedci potrebovať pre vytvorenie aplikácie vo veľmi krátkom čase. LabVIEW je vývojové prostredie určené pre riešenie problémov, zvyšovanie produktivity a kontinuálne vylepšovania. Najnovšia verzia je LabVIEW 2013, ktorá prináša rôzne novinky a vylepšenia od predchádzajúcich verzií.



Obr. č. 12 – Ikona LabVIEW



Obr. č. 13 – Ikona NI



LabVIEW dokáže imitovať reálne prostriedky ako napríklad osciloskopy a multimetre.

Pri vytváraní kódov sa používajú tzv. VIs. Ide o názov pre programy, ktoré sa označujú ako virtual Instruments. Jeden VI predstavuje jeden program. Tieto VIs je plocha, do ktorého je možné vkladať jednotlivé moduly pre vytvorenie kódu. Program je možné rozdeliť do viacerých subprogramov (SubVIs), ktoré je možné neskôr využiť a prepojiť. V textovo založených programovacích jazykoch by sa SubVI nazývalo funkcia. Každému SubVI je možné priradiť ikonu, ktorú je možnú editovať. V tejto ikone sa nastavujú aj pripojovacie body, ktoré slúžia na vstupy a výstupy do tohto subVI.

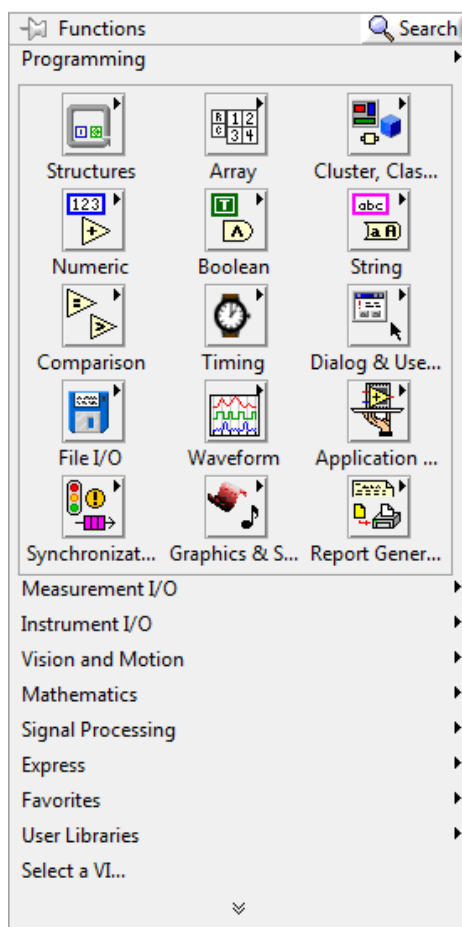
V súčasnosti v našej firme pracujeme na projektoch využívajúcich približne 10 000 VIs.

### 3.1.1 Popis vývojového prostredia

Pri vytvorení nového projektu si môžeme otvoriť nové VI. Každé sa skladá z dvoch okien. Jedno sa nazýva blokový diagram a je určené pre vkladanie kódu a programovanie. Kód vložený do blokového diagramu je grafický kód, taktiež známy aj ako G kód. Druhé sa nazýva front panel a je určené pre vkladanie ikon, vstupných a výstupných polí a je to okno, ktoré bude užívateľ vidieť po spustení programu. Ide akoby o obrazovku programu.

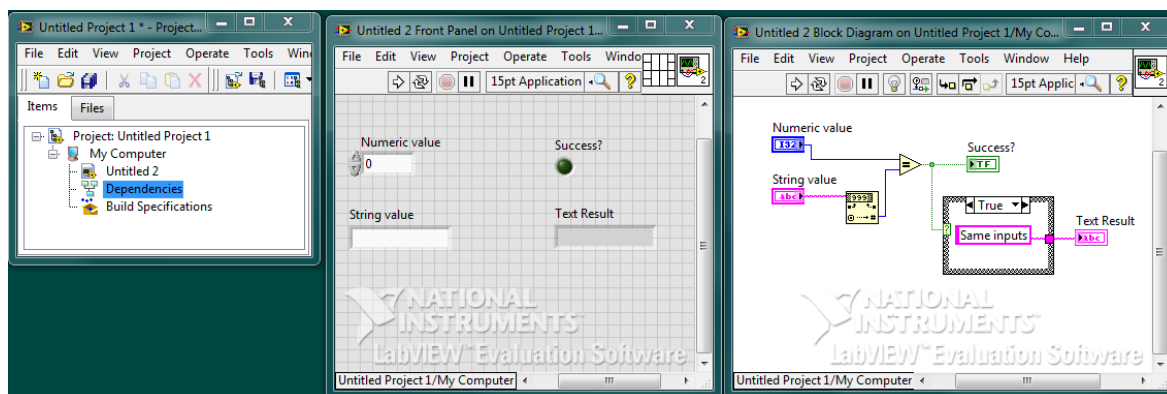
Na rozdiel od textovo založených programovacích jazykov ako napríklad C++ alebo Visual Basic, LabVIEW využíva ikony namiesto riadkov textu pre vytvorenie aplikácie. V textovo založených programoch, poradie vykonania inštrukcií určuje poradie riadkov. LabVIEW využíva vykonávanie dátového toku cez línie, ktoré spájajú jednotlivé bloky. Poradie môžu určovať aj udalosti, takzvané eventy programu, ktoré si môže programátor nadefinovať.

Pri vytváraní kódu je možné využiť množstvo predvolených blokov, pomocou ktorých kombináciou je možné vytvoriť rôzne spustiteľné kódy. [3]



Obr. č. 14 – panel kontroliek

Pre každý indikátor alebo vstupné pole je možné pridať popis, ktorého zobrazovanie je možné vypnúť. Na nižšie uvedenom obrázku je znázornená trojica panelov s jednoduchou ukážkou kódu.

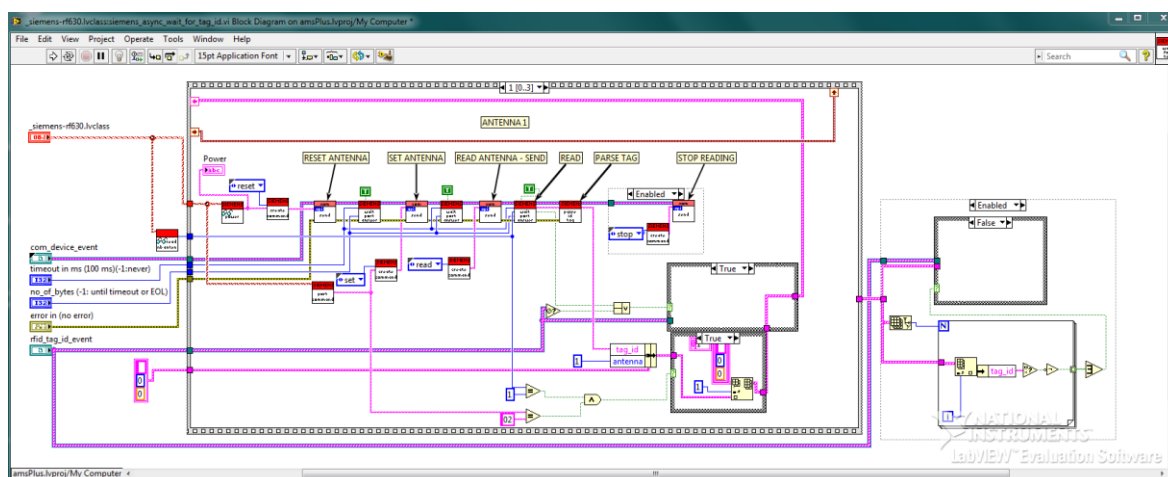


Obr. č. 15 – Ukážka prostredia LabVIEW s jednoduchým kódom

Vľavo sa nachádza projektové okno, uprostred sa nachádza front panel a napravo je blokový diagram. Program, ktorý je zobrazený, predstavuje ukážku veľmi jednoduchého kódu. Tento kód má dvojicu vstupných polí, jedno pre text a druhé pre číslo. Následne sa text prevedie na číslo, porovná sa hodnota a zistí zhoda. Táto zhoda je indikovaná kontrolkou a taktiež výstupným textom na výstupnom textovom poli.

Ďalšia ukážka predstavuje už o niečo málo zložitejší kód. Tento kód som vytvoril pre čítanie kódu z RFID čítačky. Jednotlivé bloky v blokovom diagrame sú podprogramy, ktoré vykonávajú ďalšiu činnosť.

V LabVIEW sa využíva paralelizmus čo vedie k väčšej efektívite a rýchlosti pri vykonávaní kódu. Preto som v tomto programe využil viacero podprogramov, ktoré sa dokážu vykonávať paralelne.



Obr. č. 16 – Ukážka blokového diagramu s využitím podprogramov

LabVIEW umožňuje využitie aj objektovo-orientovaného programovania. Taktiež umožňuje multivláknové využitie a pamäťový manažment. Kód je automaticky vykonávaný paralelne. Na rozdiel od ostatných programovacích jazykov, kde ak chcete spustiť program paralelne, musíte multivláknové vykonávanie nastaviť manuálne. Prostredie programu, kompilátor ako aj realizácia programu spolupracuje a automaticky spúšťa kód paralelne vždy, ako je to možné. [2]

### 3.2 Twincat

TwinCAT je software spoločnosti Beckhoff, ktorého hardware bude na testovacom zariadení použitý. Ide o program, ktorý slúži na prácu takmer akéhokoľvek kompatibilného PC na prácu s real-time aplikáciami.

Tento software budem hlavne používať na prevod skutočných fyzických adries jednotlivých pripojených zariadení na adresy, ktoré budem používať vo vytvorenom programe v prostredí LabVIEW.

### 3.3 UTS

UTS je framework ktorý je licencovaný spoločnosťou Vaillant Group. Tento framework je naprogramovaný v prostredí LabVIEW a je využívaný takmer na všetkých testovacích staničkách v závode. Tento framework pracuje s jednotlivými naprogramovanými krokmi, sekvenciami a modulmi, pomocou ktorých sú všetky jednotlivé zariadenia ovládané.

### 3.4 Darex

Namerané hodnoty, taktiež ako aj všetky informácie z výroby musia byť ukladané v databáze. Darex bol navrhnutý a využívaný v spoločnosti Vaillant Group ako užívateľské prostredie pre prácu s touto databázou. Databáza je založená na MySQL a Darex je používaný na získavanie a prehľadávanie hodnôt, ktoré boli do tejto databázy uložené. V Darexe sú taktiež uložené všetky programy, kroky, sekvencie a moduly, ktoré linka využíva. Pri spustení linky si vie načítať názvy jednotlivých programov, ktoré ma používať práve v tejto databáze.

### 3.5 FESTO servopohon

Hardware zariadenia bude tvoriť aj servopohon, ktorý bude ťahať testované pružiny na požadované vzdialenosti. Servopohon som volil od spoločnosti FESTO, ktorá patrí medzi našich dodávateľov a z ktorých výrobkami sme veľmi spokojný.

Servopohony sú motory, pri ktorých je možné nastaviť presnú polohu osy a to pomocou spätnej väzby alebo pomocou koncového spínača. Pri týchto servopohonoch je možné nastaviť rôzne rýchlosti pohybu. [6]

### 3.6 Beckhoff merací modul

Pre samotné meranie odporu použijem merací modul od Beckhoff. Ide o analógový vstupný terminál, ktorý umožňuje merať elektrický odpor v rozsahu od 10 mΩ až do hodnoty 10 MΩ. Terminál EtherCATu indikuje jeho aktuálny stav pomocou LED. Merací rozsah je možné nastaviť manuálne, alebo sa môže meniť automaticky. [6]

### 3.7 Pneumatický valec

Vložené pružiny musia byť na testovacom zariadení pevne uchopené, aby počas zmeny polohy nedošlo k vypadnutiu. Toto budem robiť pomocou pneumatických valcov.

Pneumatické valce dokážu zmeniť energiu stlačeného vzduchu na mechanickú energiu. Poznáme dva hlavné typy, a to jednočinné a dvojčinné valce. Rozdiel v počte smerov, ktorými dokážu pôsobiť. V prípade jednočinného sa spätný pohyb zabezpečuje napríklad pomocou pružiny. Pri dvojčinnom type dokážeme pneumaticky riadiť striedavo oba smery pohybu. [7]

### 3.8 Priemyselný počítač IPC

Na riadenie celého testovacieho zariadenia použijem priemyselný počítač. Týchto počítačov poznáme veľké množstvo typov. Ja použijem skriňový IPC od firmy Beckhoff.

Takéto IPC disponuje pevnou konštrukciou a vyhotovením, ktoré je vhodné do priemyselného prostredia. Konštrukčne pripomína klasický PC. Vo vnútri sa nachádzajú kryté pamäte. Takéto IPC používame ako štandard a preto som zvolil tento typ aj na toto nové testovacie zariadenie. Je to aj z dôvodu možnej náhrady v prípade náhleho výpadku z dôvodu poruchy. [8, strana 90]

### 3.9 Poka Yoke

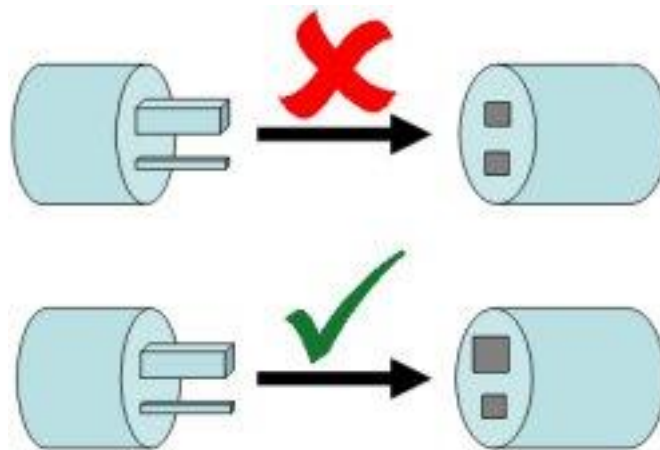
Keďže správnosť uloženia výrobku so štvoricou pružín je veľmi dôležité, bude toto zariadenie vybavené Poka-Yoke.

Poka-Yoke je metóda, ktorá zabezpečuje aby sa ľudia nedopustili chýb. Pôvodne sa táto metóda nazývala *Baka-Yoke* čo v preklade z japončiny znamená “ochrana pred idiotom”.

Potom bol tento názov zmenený vzhľadom na to, že chyby nemusí robiť len idiot, ale môžu vznikať aj vďaka nepozornosti či iným vplyvom.

S metódou Poka-Yoke sa môžeme stretnúť v našom každodennom živote. Ako príklad môžem uviesť napríklad konektor USB, ktorý je vďaka tvaru možné zapojiť len jedným spôsobom. Tento tvar zabezpečuje, aby sme konektor nezapojili opačne.

Testovacie zariadenie bude mať držiak výrobku presne vytvarovaný tak, aby tam tento výrobok bolo možné umiestniť len jedným a to správnym spôsobom. [10]



Obr. č. 17 – Ukážka Poka-Yoke systému

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 NÁVRH TESTERA

Vzhľadom na to, že súčasné testovacie zariadenie nespĺňa požiadavky, ktoré sme na tento tester vyvinuli, je potrebné navrhnuť nové riešenie. S príchodom nového testovacieho zariadenia sa očakáva aj zvýšenie rýchlosti jednotlivých testov.

### 4.1 Požadované funkcie

Hlavnou funkciou testovacieho zariadenia je testovanie elektrického odporu jednotlivých pružín, ktoré sa nachádzajú v testovacom výrobku.

#### 4.1.1 Meranie elektrického odporu

Pre meranie elektrického odporu použijem merací terminál od Beckhoff, ktorý má označenie EL3692. Toto zariadenie dokáže merať elektrický odpor vo zvolenom rozsahu. Rozsah, ktorý tento terminál ponúka je postačujúci pre merané hodnoty.

Rozmedzie meraných hodnôt

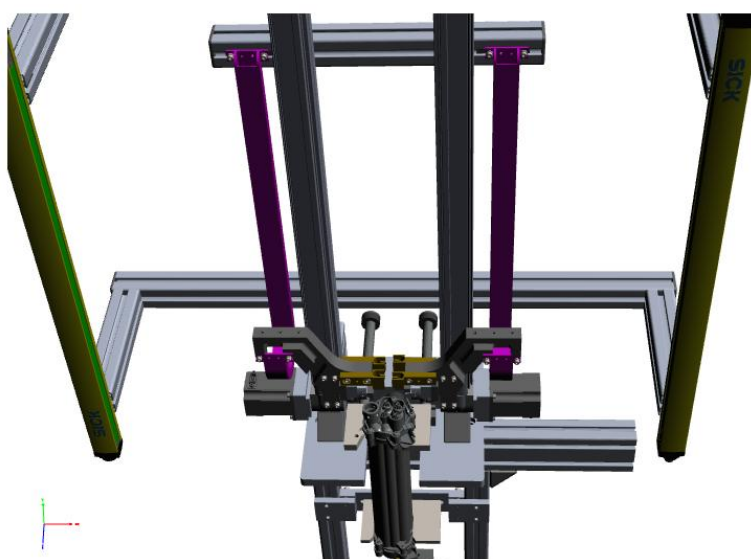
Typové označenie	Popis	Elektrický odpor [ $\Omega$ ]	Typové označenie	Popis	Elektrický odpor [ $\Omega$ ]
20072697	VED H 21 kW hb1	7,2 – 8,35	20072703	VED H 18 kW hb1	51,3 - 57,8
20072697	VED H 21 kW hb2	14,5 - 18,5	20072703	VED H 18 kW hb2	25,6 - 30,1
20071467	VED E 18 kW ehb1	43,7 – 50,2	20071469	VED E 18 kW ehb1	34,2 – 39,5
20071467	VED E 18 kW ehb2	21,29 – 26,3	20071469	VED E 18 kW ehb2	17,1 - 21
20072700	VED E 24 kW phb1	38,5 – 44	20072705	VED H 18 kW hb1	8,4 – 9,65
20072700	VED E 24 kW phb2	19,2 – 23,3	20072705	VED H 18 kW hb2	17 – 18,6

Tab. č. 3 – tolerancie elektrického odporu pre jednotlivé moduly



Pružiny sú rozdelené do dvojíc, vzhľadom na to, že vo výrobku sa nachádzajú dve izolované a dve neizolované pružiny. Preto aj vzdialenosť, do ktorej je potrebné ich natiahnutie je rôzna.

Na spodnej časti testera bude umiestnená platňa, ktorej tvar bude presne prispôsobený tvaru vkladaneého výrobku. Po vložení výrobku budú tieto pružiny natiahnuté na požadovanú vzdialenosť pomocou servopohonov. V okamžiku, kedy pružiny dosiahnu požadovanú vzdialenosť, zmeria sa elektrický odpor pre každú pružinu zvlášť.



Obr. č. 18 – Uchytenie výrobku do testera

#### 4.1.2 Tlačenie kontrolných štítkov

Každý úspešne otestovaný modul musí mať na sebe kontrolný štítok, ktorý je nositeľom informácií o druhu modulu a výsledku testu. Tento štítok sa používa pri ďalšom výrobnom procese kvôli identifikácii. Jednou z funkcií, ktorú by mal tester spĺňať je automatické vytlačenie tohto štítku na príslušnej tlačiarňi. Vďaka tomuto spôsobu bude môcť testovací operátor okamžite po vykonaní úspešného testu nalepiť tento kontrolný štítok s aktuálnymi hodnotami na modul. Pre takéto tlačenie som zvolil tlačiareň od firmy Zebra s označením GK-420t.



Obr. č. 19 – tlačiareň zebra GK-420t

## 4.2 Vzhľad

Jednou z ďalších požiadaviek na nové zariadenie bol vzhľad, ktorý mal byť podobný tomu súčasnemu. Toto som sa snažil s čo najväčšou presnosťou dodržať, rovnako ako aj rozmery zariadenia.

Na modely nového testera je vidieť priestor na umiestnenie testovacieho výrobku, pod ním je mechanizmus, ktorý tento výrobok pritlačí a zabezpečí jeho stabilitu počas testu. Nad touto platňou sa nachádza mechanizmus na uchytienie vrchnej časti pružín. Tento mechanizmus je pohyblivý a je riadený pomocou elektrolineárnych pohonov. Dvojica elektrolineárnych pohonov s bežcami zabezpečí posun vrchnej časti pružín na požadovanú vzdialenosť vo vertikálnom smere. Pohon zabezpečujú dva krokové motory. Tak dosiahneme požadované natiahnutie pružín.

Priestor pred testerom je kontrolovaný pomocou optickej brány, ktorá zabezpečí, aby v prípade akéhokoľvek nežiaduceho pohybu za túto bránu, bolo zariadenie vypnuté.



Obr. č. 20 – Vzhľad zariadenia

### 4.3 Bezpečnosť

Pri tomto testovacom zariadení je kladený veľký dôraz na bezpečnosť pri zariadení. Musí sa zabezpečiť, aby žiadnym spôsobom nedošlo k poraneniu osoby, ktorá na zariadení pracuje alebo sa zdržiava v tesnej blízkosti. Zariadenie je vybavené optickou závorou od firmy SICK. Táto optická závara umožní vypnutie chodu testera v prípade, že sa poruší monitorovaná zóna. Porušenie tohto monitorovaného priestoru je vyhodnotené ako nežiaduce len v prípade, ak sú jednotlivé časti testera v pohybe. V kludnom stave sú tieto porušenia ignorované, nakoľko pri vkladaní testovacieho bloku do zariadenia je operátor povinný vstúpiť do tohto monitorovaného priestoru.

Ďalšou fázou zabezpečenia je okrytovanie celého testera plexisklom v súlade s platnými bezpečnostnými normami. Toto krytovanie nebude obmedzovať obsluhu pri výkone testovacieho procesu.

Zariadenie bude taktiež obsahovať tlačidlo núdzového zastavenia, ktoré bude umiestnené v tesnej blízkosti obsluhujúceho operátora.

#### 4.4 Finančná stránka

Pri návrhu bolo potrebné myslieť aj na finančnú stránku celého procesu od návrhu až po zhotovenie a uvedenie testera do prevádzky.

POLOŽKA	Počet KS	Jednotková cena / EUR /	Cena / EUR /
<b>MATERIÁL</b>			
<u><b>Tester odporov</b></u>			
Elektro pohony Krokové motory Montážne sady ( axiálna + pätková ) Kontrolér Káblové vedenia Riadiace vedenia Uchopovače pružín Nosná konštrukcia Snímače Krytovanie zariadenia Elektroinštalačný materiál Aretácia a uchytenie spodnej časti výrobku Návody v slovenskom jazyku ( 1 x tlačенá forma + 1 CD ) Elektrodokumentácia ( 1 x tlačенá forma + 1 CD ) Zoznam náhradných dielov CE certifikát Vyhlásenie o zhode	<b>1 komplet</b>	7015,00	<b>7015,00</b>
<b>PROJEKČNÁ ČINNOSŤ + MONTÁŽ</b>			
Projekčná činnosť ( konštruktér )	8 hod.	35,00	280,00
Projekčná činnosť ( elektrokonštruktér )	8 hod.	35,00	280,00
Náklady spojené s nákupom materiálu ( technológ )	3 hod.	25,00	75,00
Montáž a kompletizácia, inštalácia u zákazníka ( servisný pracovník )	16 hod.	20,00	320,00
Doprava zariadenia do sídla zákazníka	-	-	-
<b>Konečná cena zariadenia</b>	<b>7970,00 EUR</b>		

Tab. č. 4 – cenová kalkulácia testera

K tejto cene je potrebné pripočítať cenu práce programátora, čo predstavuje hodnotu 3000,00 €

$$120 \text{ hodín} * 25 \text{ €} = 3000,00 \text{ €}$$

Pri práci na dve zmeny po 8 hodín, dokážeme na zariadení za jeden kalendárny rok vyrobiť a otestovať 1 152 000 výrobkov.

Na základe týchto informácií sa návratnosť investícií vypočítala na základe nasledovného vzťahu:

*návrhatnosť*

$$= \frac{\text{počet výrobkov za rok} \cdot \frac{\text{cena práce obsluhy}}{\text{hodina}} \cdot (\text{pôvodný čas} - \text{nový čas})}{3600}$$

$$\text{návrhatnosť} = \frac{1152000 \cdot \frac{7,74 \text{ €}}{\text{hodina}} \cdot (5 \text{ s} - 3 \text{ s})}{3600} = 4953,6 \text{ €/rok}$$

$$\text{návratnosť [rok]} = \frac{7970 + 3000}{4953,6} = 2,214 \text{ roka}$$

Podľa vnútornej politiky firmy nie sú pre nás zaujímavé investície, ktoré majú návratnosť väčšiu ako 2,5 roka. V tomto prípade išlo hlavne o investíciu kvôli dosiahnutiu lepšieho výrobného procesu a bezpečnosti. No aj napriek tomu, investícia do tohto nového zariadenia predstavuje návratnosť za dobu 2,214 roka, čo je pre nás akceptovateľné.

Parametr	
Kapitálový náklad (€)	9 259
Cashflow celkovo (€)	3 116 795
Prínosy (€/a)	211 439
Jednoduchá doba návratnosti (a)	0,04
Reálna doba návratnosti (a)	0
NPV (€)	3 107 536
IRR (%)	>16%
diskontná sadzba %	3,10%
doba odpisu (a)	20,000

Tab. č. 5 – analýza miera návratnosti

V tabuľke č. 5 sú zobrazené finančné toky a výsledky ich výpočtov. Kapitálový náklad je cena celého projektu. Je v nej zahrnutý materiál, montáž, inštalácia a podobne.

Hodnota cashflow vyjadruje prínosy za celý projekt. Výsledky výpočtov analýzy je jednoduchá doba návratnosti, čo je pomer medzi prínosmi a nákladmi. NPV vyjadruje čistú súčasnú hodnotu. IRR značí hodnotu diskontného činiteľa pre súčasnú čistú hodnotu = 0. To znamená, že hodnota cashflow sa rovná hodnote kapitálových nákladov. [11]

V prínosoch je započítaná úspora na mzdách pracovníkov, k čomu viedlo zrýchlenie testu, úspora za prestoje, čo bolo dosiahnuté automatickým nastavovaním zariadenia a vylúčenie nutnosti držať testovacie tlačidlo počas celej doby testu. Tento čas tak vie byť využitý na ďalšiu činnosť. Medzi prínosy sa započítali aj náklady spojené s odstránením porúch, ktoré mohli nastať v prípade, že by sa do výroby použil neotestovaný kus. V súčasnosti sa takýto kus do výroby nedostane, vďaka tlačeniu kontrolných štítkov.

#### 4.5 Použité zariadenia

O testovacom zariadení by sa dalo veľmi stručne povedať, že hlavné časti ktoré obsahuje sú:

- nosná konštrukcia
- prípravok na upínanie testovacieho modulu
- čeluste adaptácie na upínanie pružín testovacieho modulu
- motory na zabezpečenie pohybu prípravku s prichyteným testovacím modulom
- optická závora
- zariadenie na meranie elektrického odporu
- riadiaci počítač
- dotyková obrazovka

Hlavná konštrukcia zariadenia pozostáva z profilov od firmy *Item International*. S touto firmou máme veľmi dobré skúsenosti a preto pri realizácii nových liniek využívame zariadenia a služby práve tejto firmy.

Na čeluste adaptácie pre uchytenie pružín boli použité paralelne zachytávače 560192 HGPT-16-A-B od firmy FESTO. Na presné uchytenie pružín boli použité kovové časti pre umiestnenie vrchnej časti pružín.

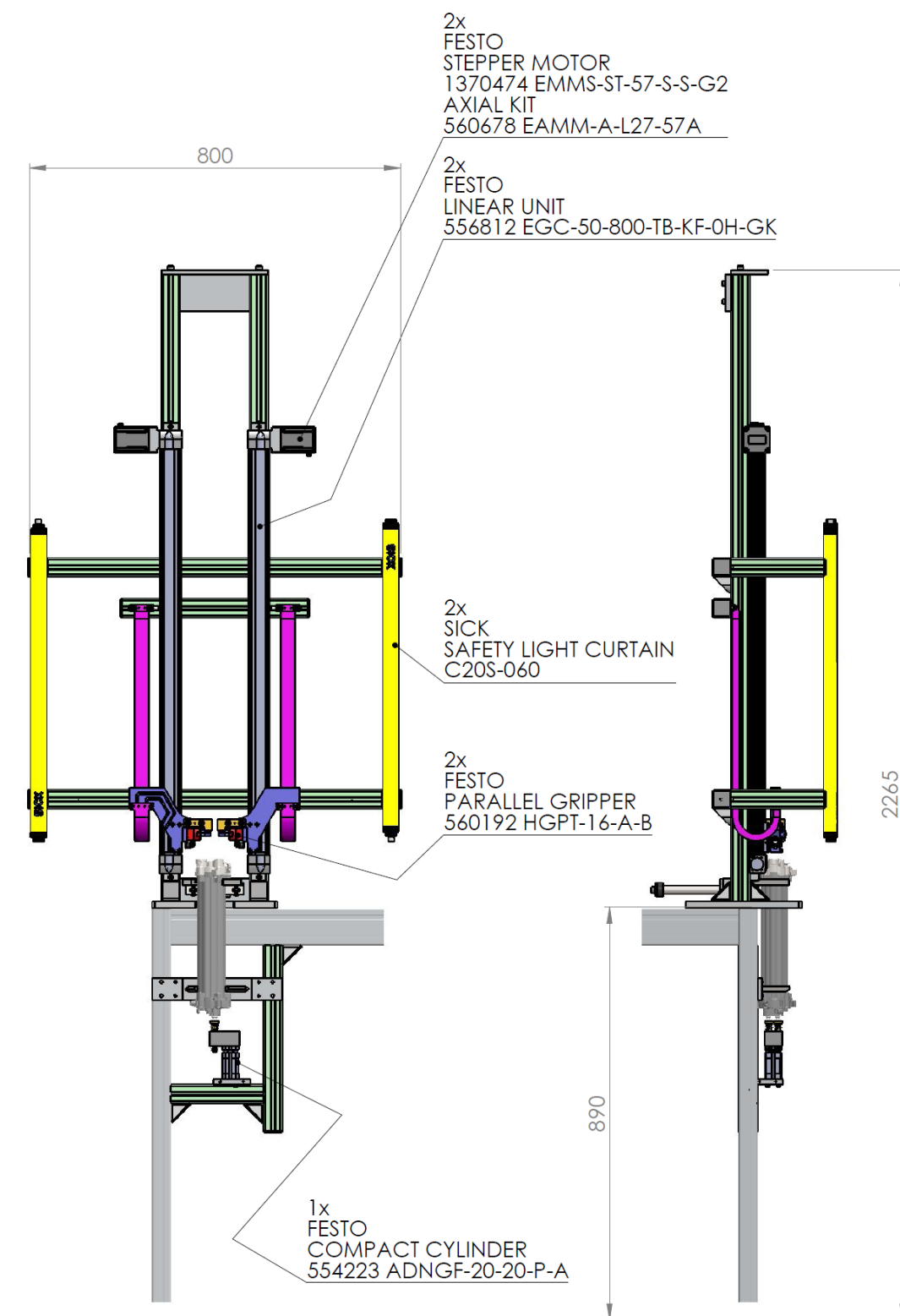
Pre dotláčanie testovacieho modulu, ktorý je uchytený v prípravku, boli použité Compact Cylinder 554223 ADNGF taktiež od firmy FESTO. Táto časť zabezpečuje stabilitu a neodchýlenie z pozície počas natáhovanie pružín.

Pohon adaptácie vo vertikálnom smere zabezpečuje dvojica krokových motorov 1370474 EMMS-ST-57-S-S-G2 Axial kit od firmy FESTO. Tieto motory sú doplnené dvojicou lineárnych jednotiek s označením 556812 EGC-50-800-TB-KF-OH-GK.

Fotoelektrická optická brána je od spoločnosti SICK, ktorých výrobky sa taktiež v našom závode používajú a tak je možné zabezpečiť ich prípadnú výmenu v prípade poruchy.

Priemyselný počítač je od firmy Beckhoff, nakoľko tieto počítače sa stali akoby štandardom pri využívaní IPC v našej firme.

Ako vstupno-výstupné zariadenie bol použitý dotykový monitor od firmy Q-Products. Táto obrazovka je vybavená dvojjadrovým procesorom Intel i7, 4GB pamäťou RAM, dotykovou obrazovkou a je určený na prácu v priemyselnom prostredí. Ide o model s označením AFL-12A-N26/R. [9, str. 5]



Obr. č. 21 – Popis hlavných súčastí konštrukcie testovacieho zariadenia



## 5 UVEDENIE DO PREVÁDZKY

Samotné „oživenie“ zariadenia pozostáva z naprogramovania jednotlivých krokov, ktoré sa majú pri testovaní vykonať. Ide o programy na zabezpečenie testovania, vyhodnotenie testu, vytlačenie kontrolného štítku a uloženie výsledkov do databázy.

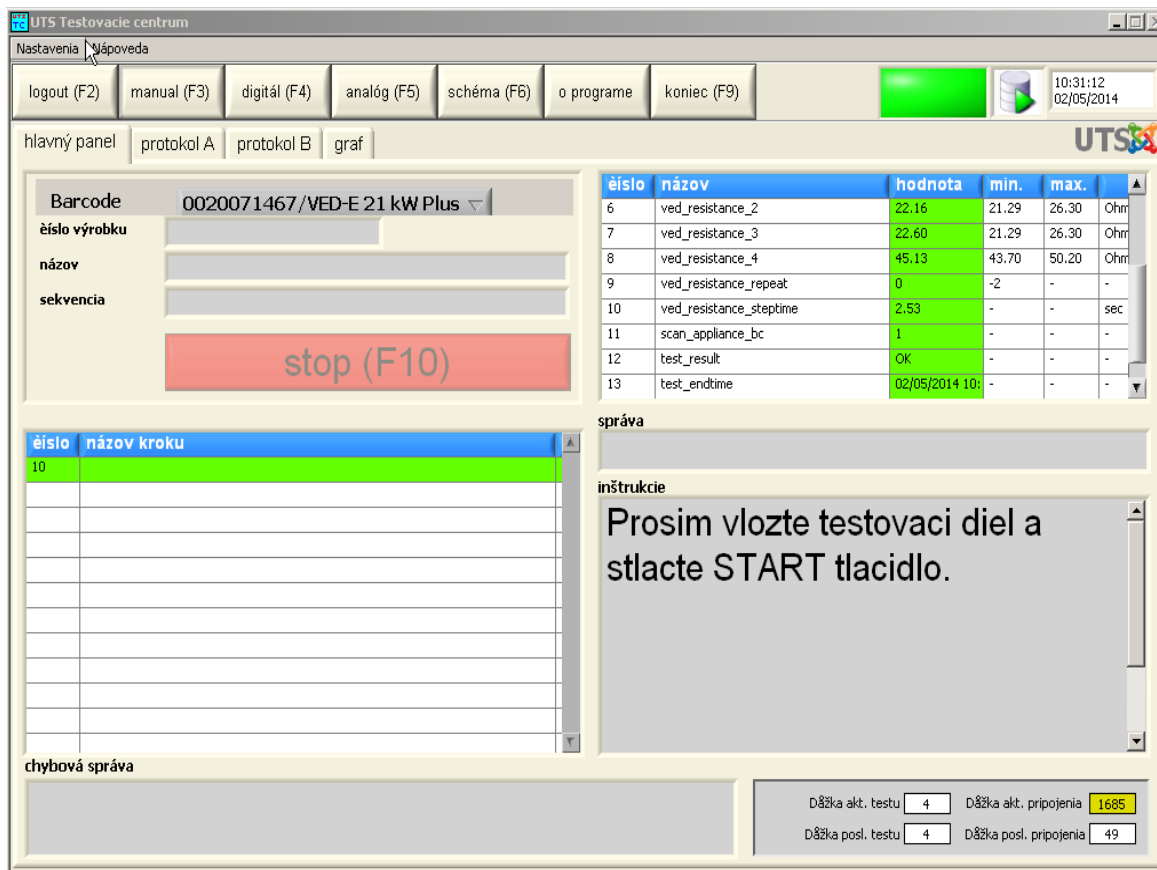
### 5.1 Programovanie testera

Pri programovaní testovacej staničky musím vychádzať z frameworku, ktorý sa v našej firme používa. Ide o framework s označením UTS a je vytvorený v programe LabView. Taktiež aj celé naprogramovanie bude v tomto istom prostredí, v prostredí LabView.

Jednotlivé programy a podprogramy sú rozdelené do niekoľkých skupín. Názov každého z nich obsahuje skratku skupiny, identifikačné číslo a názov. Týmto sa zabezpečuje jednoznačnosť použitých podprogramov. Tieto podprogramy sa využívajú v rámci celého závodu po celom svete. Vzhľadom na to, že niektoré z často používaných funkcií už máme predprogramované a dajú sa použiť ako subVI, čo sa dá v označení textovo založených programovacích jazykov nazvať funkciou.

Podprogramy rozdelíme na moduly, kroky, ground-position a watchdog. Tieto triedy sa dajú potom ešte ďalej rozdeliť, ako fixed-first module, fixed-last module a podobne.

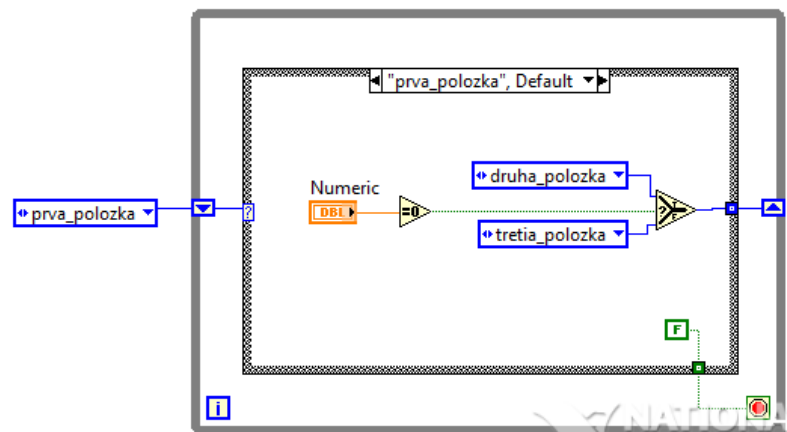
Pre naprogramovanie tohto testera som ako hlavnú súčasť použil testovacie okno, ktoré bude slúžiť ako hlavná obrazovka pre užívateľa. Na tejto obrazovke sú zobrazované inštrukcie pre operátora, správy o vykonávaní programu a jednotlivé výsledky testu. Taktiež je tu možnosť o použitie niektorej z ikon, ktoré slúžia na prepnutie do automatického režimu, manuálneho režimu, pre prihlásenie operátora a iné.



Obr. č. 22 – hlavná obrazovka testera

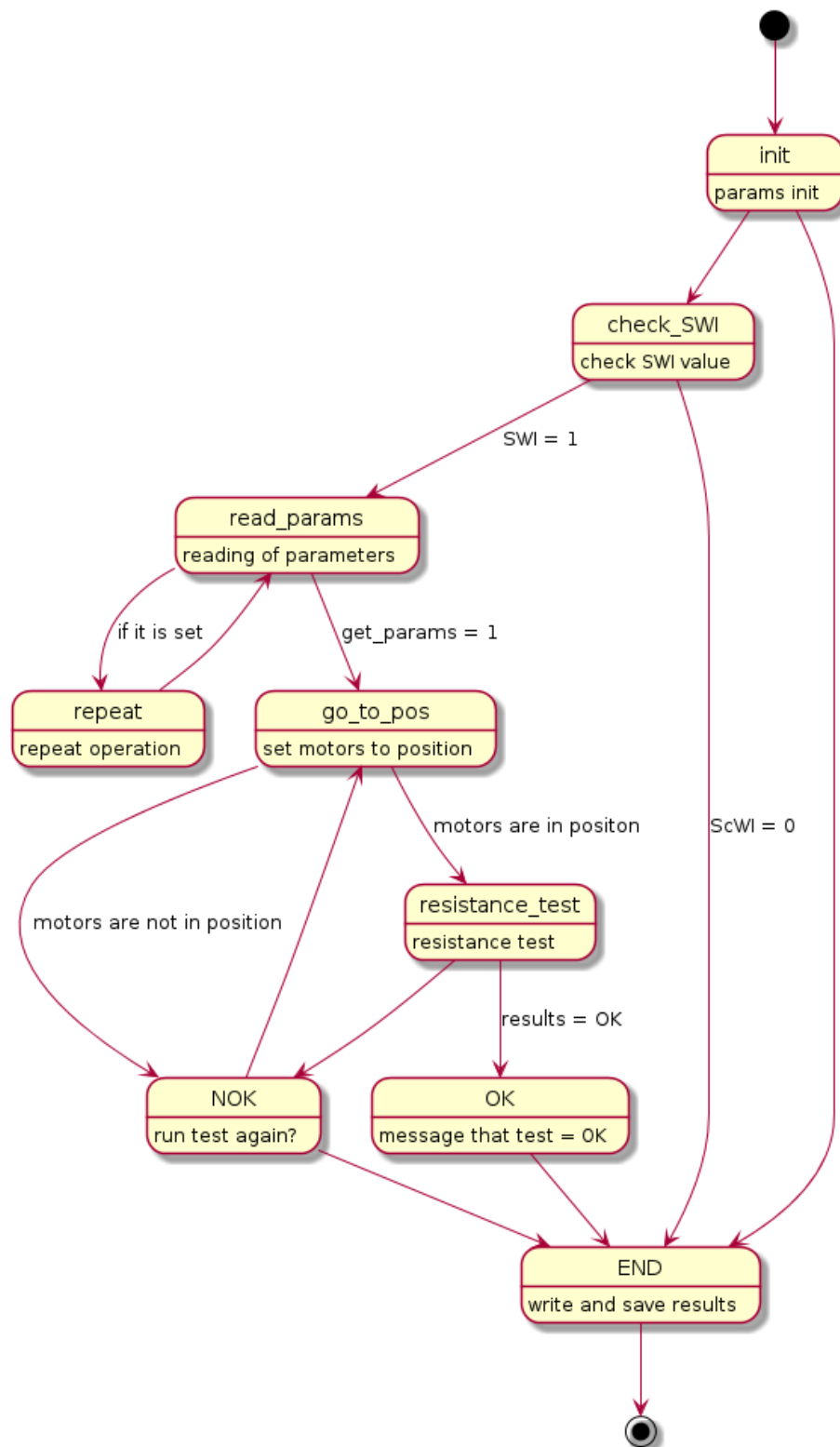
Pre vykonanie samotného testovania som vytvoril podprogram, ktorý patrí v našom internom zaradení medzi kroky. V krokoch sa udávajú jednotlivé kroky, ktoré sa v programe majú vykonať.

Pri programovaní som použil štruktúru stavového automatu. Stavový automat sa vyznačuje tým, že hlavnou kostrou je cyklus *while*, vo vnútri ktorého sa nachádza ďalšia štruktúra *case*. Každá *case* štruktúra je volaná pomocou jednotlivých kľúčových prvkov, ktoré sa vykonávajú na začiatku každého programu a potom aj pri vykonávaní každej *case* štruktúry.



Obr. č. 23 – štruktúra state machine

Na obrázku (Obr. č. 23) je zobrazená základná štruktúra stavového automatu. V tomto prípade sa na začiatku programu začne vykonávať *prva\_polozka*, nakoľko je na začiatku výberu. Vo vnútri prvého oddielu je overované, či zadané číslo je rovné hodnote 0. V prípade že áno, ďalším zvoleným oddielom bude oddiel označovaný ako *druha\_polozka*. V opačnom prípade sa vykoná *tretia\_polozka*. V prípade, ak by sme na začiatku programu nevybrali žiaden oddiel, vykonal by sa ten, ktorý je označovaný ako *default*, v tomto prípade taktiež *prva\_polozka*. Štruktúra *state machine* je veľmi využívaná, nakoľko sa s ňou dá zabezpečiť väčšia prehľadnosť kódu a taktiež je možné preskakovať a volať rôzne sekcie programu v ktoromkoľvek čase vykonávania.



Obr. č. 24 – vývojový diagram kroku

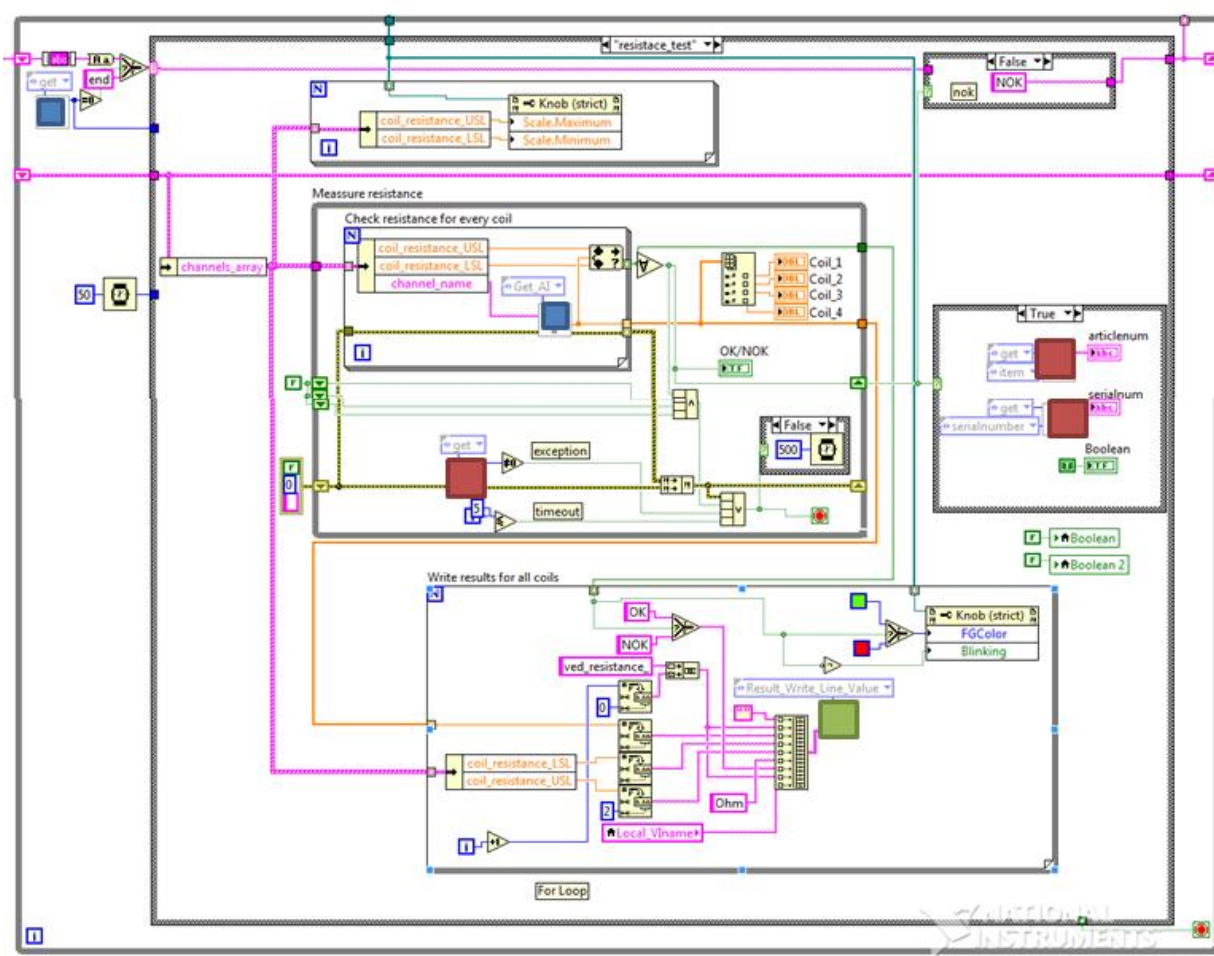
Celý krok pre testovanie odporu pozostáva z niekoľkých častí stavového automatu. Ich priebeh je zobrazený na obrázku vyššie (Obr. č. 24).

Časť stavového automatu	Popis funkcie
<b>init</b>	V init case sa vykonáva inicializovanie všetkých parametrov, ktoré boli zadane. Taktiež sa tu inicializuje aktuálny čas, pre kontrolu dĺžky testu.
<b>check_swi</b>	V niektorých prípadoch sa môže stať, že si neprajeme aby sa tento krok vykonal. V tejto časti sa kontroluje jeho hodnota a vypíše sa správa na obrazovku. Pre určenie, či sa má krok vykonať, používame parameter SWI, ktorý má boolean hodnotu. Do tejto hodnoty si zadáme, či sa má krok vykonať. V prípade že áno, pokračuje sa na read_params. V opačnom prípade do END.
<b>read_params</b>	V read_params sú použité ďalšie subVI pomocou ktorých získavam požadované hodnoty elektrického odporu pre zvolený modul. Taktiež sa tu získavajú hodnoty o pozícii adaptácie, ktorá je určená na uchytenie pružín a stave motorčekov.
<b>go_to_pos</b>	V go_to_pos sa volajú dve subVI a kontroluje sa hodnota ich výstupu. Ako vstupnú hodnotu do týchto subVI posielam žiadané pozície adaptácie a na výstupe kontrolujem boolean hodnotu, či motorčeky dostali adaptáciu do žiadanej polohy. Volané subVI sa starajú o zadanie novej polohy pre motorčeky a o odoslanie príkazu na reálny výstup programu do vstupu pre riadenie motorčekov.
<b>repeat</b>	Kontroluje sa hodnota, ktorá bola zadaná pred začiatkom testu. Do tejto hodnoty sa zadáva, či sa má načítanie parametrov zopakovať v prípade, že budú neúspešne načítané. Ak je hodnota = 1, zavolá sa spätne časť read_params.
<b>resistance_test</b>	V resistance_test dochádza ku kontrole nameraného elektrického odporu a k porovnaniu so žiadanými hodnotami. Vo vlozenej while štruktúre neustále čítam posielané dáta zo subVI, ktoré slúži na získanie nameraných odporov. Tieto hodnoty porovnávam so žiadanými hodnotami, ktoré získavam zo <i>shift registra</i> . Tieto

<b>resistance_test</b>	<p>hodnoty kontrolujem pre každú jednu pružinu. Taktiež kontrolujem z akého vstupného indexu prišli. Týmto zabezpečujem, aby som dvakrát nemeral rovnaké pružiny. V prípade úspešného testu sa zavolá subVI pre vytlačenie kontrolnej nálepky, kde pomocou vstupného pinu pošlem potrebné informácie, ako aj označenie testovaného modulu. Výsledky testov na záver zapíšem do výsledkovej tabuľky a pokračujem na ďalší oddiel stavového automatu.</p>
<b>OK</b>	<p>V prípade úspešného výsledku testu, čo znamená že program úspešne prešiel všetkými požadovanými oddielmi a namerané hodnoty boli v rozsahu žiadaných hodnôt, zapíše sa táto hodnota spoločne s časom testu a ďalšími potrebnými informáciami do databázy. Následne sa pošle správa o úspešnom testovaní na obrazovku a test sa týmto ukončí.</p>
<b>NOK</b>	<p>Ak bol test neúspešný alebo došlo k chybe počas vykonávania sa programu, dostaneme sa do oddielu NOK. Jedným z nastaviteľných parametrov je aj repeat_test, do ktorého môžeme zadať správanie v prípade neúspešného testu. Jednou z možností je, že sa operátorovi zobrazí informácia o tom, že test bol neúspešný a bude si môcť vybrať, či chce test opakovať alebo nie. Ďalšou z možností je že sa test zopakuje automaticky alebo že opakovanie testu je zakázané. Toto sa volí pomocou numerickej hodnoty parametra.</p>
<b>END</b>	<p>Na záver celého testu sa zapíšu všetky výsledky do databázy. Tieto výsledky sa zapíšu aj v prípade neúspešného testu. Nasleduje vyresetovanie všetkých premenných a uvoľnenie pamäti, vyprázdnenie <i>shift registrov</i> a ukončenie celého kroku.</p>

Tab. č. 6 – popis činnosti jednotlivých oddielov stavového automatu v testovacom kroku

Pre ukážku uvediem zdrojový kód, ktorý je pre časť *resistance\_test*, v ktorej sa testuje elektrický odpor testovaných pružín a následne sa tieto namerané hodnoty vyhodnotia. Táto časť je jedna zo súčastí stavového automatu celého programového kroku. Sú v nej taktiež zahrnuté ďalšie SubVI, podprogramy. V týchto podprogramoch sú naprogramované ďalšie funkcie. Tieto SubVI sa používajú pre väčšiu prehľadnosť kódu a pre zjednodušenie práce. To znamená, že ak niektorú funkciu používam častejšie, môžem si ju uložiť ako SubVI podprogram a priložením jeho ikony a zapojením vstupov a výstupov ju viem použiť aj v inom programe.



Obr. č. 25 – kód v časti *test\_resistance*

V tomto prípade ako subVI používam viaceré funkcie, ktoré mi do tohto programu privedú parametre, ktoré pri teste potrebujem. Tieto subVI používam na získanie limitov testera pre daný testovaný modul, ktoré viem neskôr porovnávať s nameranými hodnotami. Tieto

namerané hodnoty dostávam cez ďalšie subVI, ktoré získava tieto namerané hodnoty cez hardware vstupy.

Predstava, že by nebolo možné využívať subVI by bola táto časť programu nečitateľná a veľmi obsiahla. Je to kvôli tomu, že každý zo subVI ktoré som v tejto zobrazenej časti použil, má v sebe ďalšie štruktúry stavového automatu, ktoré obsahujú ďalšie a ďalšie subVI. Jeden krok sa teda skladá z desiatok ďalších podprogramov, ktoré sú sami o sebe veľmi rozsiahle. Z toho dôvodu je možné uviesť len veľmi stručnú ukážku pre predstavu kódu.

## 5.2 Tlačenie štítkov

Každý úspešne testovaný modul musí mať na sebe umiestnený kontrolný štítok, na ktorom sú informácie o type, pre ktorý bol testovaný a pre ktorý je určený. Taktiež obsahuje informácie, ktoré sú zakódované v 2D kóde. Medzi tieto informácie patrí sériové číslo výrobku a typ modulu. Tento 2D kód slúži na určenie a identifikáciu testovanej časti v ďalšom výrobnom procese.

Tieto štítky umiestňuje na testovaný modul operátor, ktorý daný modul testoval. Tento štítok nalepí len v prípade, že test bol úspešný. Môže sa však stať, že operátor nalepí takýto štítok aj v prípade neúspešného prípadne žiadneho testu. Kvôli zabezpečeniu proti takémuto konaniu či pochybenia sa kontrolné štítky tlačia. Tlačenie štítkov nastáva automaticky v prípade úspešne vykonaného testu. Následne túto vytlačenú nálepku prilepí operátor na testovaný kus.

Táto nálepka sa tlačí na tlačiarňu Zebra GK-420t. Táto nálepka je vytlačená pomocou termo pásky. Tlačiareň dokáže pracovať pomocou priloženého softwaru alebo pomocou ZPL kódu.

V tomto prípade budem používať tlačenie pomocou ZPL kódu. Ide o presne definovanú štruktúru kódu, ktorá sa odosiela na tlačiareň v podobe *stringu*. V tomto kóde je možné nastaviť vlastnosti tlačiarne, ako je veľkosť pásky, rýchlosť tlače, intenzita farby, dĺžka vysunutia štítku pri vytlačení, či ide o štítky na odlepovanie alebo odtrhávanie a rôzne iné.

Taktiež sa tu dá nastaviť pozícia jednotlivých častí na nálepke. Táto tlačiareň disponuje aj možnosťou, že sa dá do nej poslať a uložiť obrázok. Následne pri tlačení stačí nastaviť pozíciu a názov obrázku a ten sa nám vytlačí. To umožňuje to, že nemusím obrázok



posielat' na tlačiareň pri každom kuse. Túto možnosť využívam pri tlačení loga spoločnosti na ľavú hornú stranu štítku.

Ďalšou z funkcií tlačiarne je tlačenie kódov v rôznych formách. Či už ide o čiarový alebo 2D kód, stačí zadať príkaz a text, ktorý má kód obsahovať. V mojom prípade používam 2D kód, ktorý slúži ako identifikátor pre celú testovanú časť. Tento kód obsahuje kód typu výrobku, označenie výrobku, sériové číslo výrobku pre daný typ a kontrolný súčet. Takto vygenerovaný kód je umiestnený na štítok vľavo dole, pod logo spoločnosti.

Na pravej strane štítku sa nachádzajú textové informácie o výrobku.



Obr. č. 26 – vzhľad tlačenej nálepky

ZPL kód ponúka široké možnosti nastavenia samotného textu. Okrem iného umožňuje aj vkladať rôzne pravidelné tvary, ako kruhy, štvorce a podobne.

Text, ktorý posielam na tlačiareň a nastavujem jeho pozíciu, môže vyzerat' nasledovne:

```
^XA
^FO50,50
^A0,32,25
^FDZEBRA^FS
^FO50,150
^A0,32,25
^FDPROGRAMMING^FS
^FO50,250
^A0,32,25^FDLANGUAGE^FS
^XZ
```

Na generovanie textu, ktorý má byť zobrazený na kontrolnom štítku, som vytvoril subVI, ktoré zavolám v prípade úspešného testu v programovacom kroku.

Toto subVI je určené na samotnú tlač a okrem generovania textu generuje aj informácie pre vytvorenie 2D kódu a celé to vkladá medzi špeciálne znaky ZPL kódu. Tento ZPL kód je potom posielať pomocou COM sériového portu priamo na tlačiareň. Keďže sa toto subVI volá iba v prípade úspešného testu, mám zabezpečené tlačenie kódu len v prípade úspešného testu.

Hlavná kostra tohto subVI je taktiež tvorená pomocou stavového automatu. Tento stavový automat obsahuje rôzne oddiely pre generovanie kódu a jeho následné vytlačenie pomocou tlačiarne.

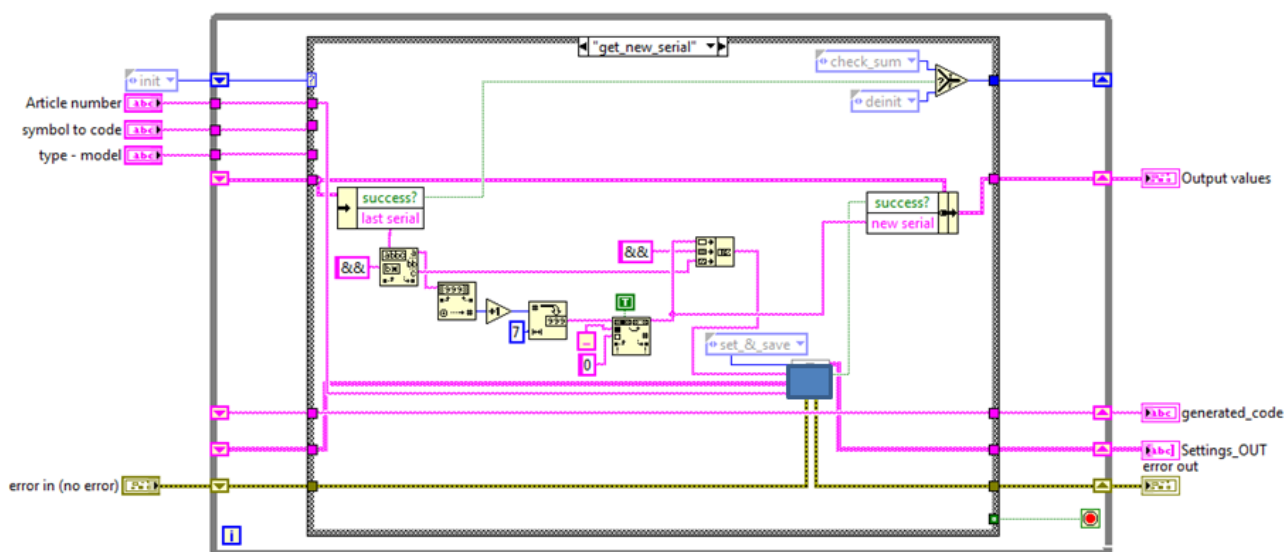
Časť stavového automatu	Popis funkcie
<b>init</b>	V oddiely init sa vykonáva inicializovanie parametrov.
<b>find_last_serial</b>	Pomocou ďalších vnorených subVI získavam naposledy uložené sériové číslo. Toto číslo vyberám pre konkrétny, práve testovaný modul.
<b>get_new_serial</b>	Keďže sériové číslo musí byť unikátne, používam naposledy uložené sériové číslo ktorého hodnotu zvyšujem. Následne toto novo vygenerované číslo uloží do databázy a do <i>shift registra</i> pre ďalšiu kontrolu a použitie.
<b>check_sum</b>	V tomto oddiely používam ďalšie subVI ktoré slúžia na vytvorenie kontrolného súčtu. Do subVI privediem textový reťazec pre ktorý má byť kontrolný súčet vytvorený a na výstupe dostanem číselnú hodnotu kontrolného súčtu. Túto hodnotu použijem pri generovaní kódu.
<b>generate_code</b>	Pri generovaní kódu vkladám medzi špeciálne znaky ZPL kódu potrebné informácie, ktoré som získal v predchádzajúcich krokoch. Okrem nastavenia pozície pre jednotlivé časti nálepky nastavujem aj volanie pre vytlačenie loga firmy, ktoré je uložené v tlačiarne a vytvorenie 2D kódu.
<b>print</b>	Po úspešnom vygenerovaní ZPL kódu, posielam tento kód cez sériový COM port priamo na tlačiareň.
<b>deinit</b>	Ak bol celý krok vykonaný a tlačenie úspešné, všetky parametre sa môžu deinicializovať a program týmto končí.

Tab. č. 7 - popis činnosti jednotlivých oddielov stavového automatu kroku pre tlač

V oddiely *get\_new\_serial* potrebujem získať nové sériové číslo pre testovaný modul. Každé takéto vygenerované číslo sa ukladá do databázy. Pri generovaní nového čísla si získam naposledy uložené sériové číslo, ktoré patrí pre práve testovaný typ modulu. Toto číslo obsahuje aj ďalšie informácie, ktoré sú oddelené pomocou znakov &&. Tieto znaky

slúžia na následne jednoduchšie odfiltrovanie a rozdelenie textu. Po načítaní uloženého textu a po rozdelení na sériové číslo a zvyšné informácie, navýšim toto číslo o hodnotu 1. Tým zabezpečím jednoznačnosť pre identifikáciu nového modulu. Takto novo vygenerované číslo uloží do databázy a do *shift registra*. Pomocou *shift registra* ho viem preniesť a použiť aj v ďalších oddieloch stavového automatu, kde ho prekontrolujem a použijem pri generovaní kódu.

V tomto oddieli sa taktiež nachádza veľké množstvo ďalších subVI.



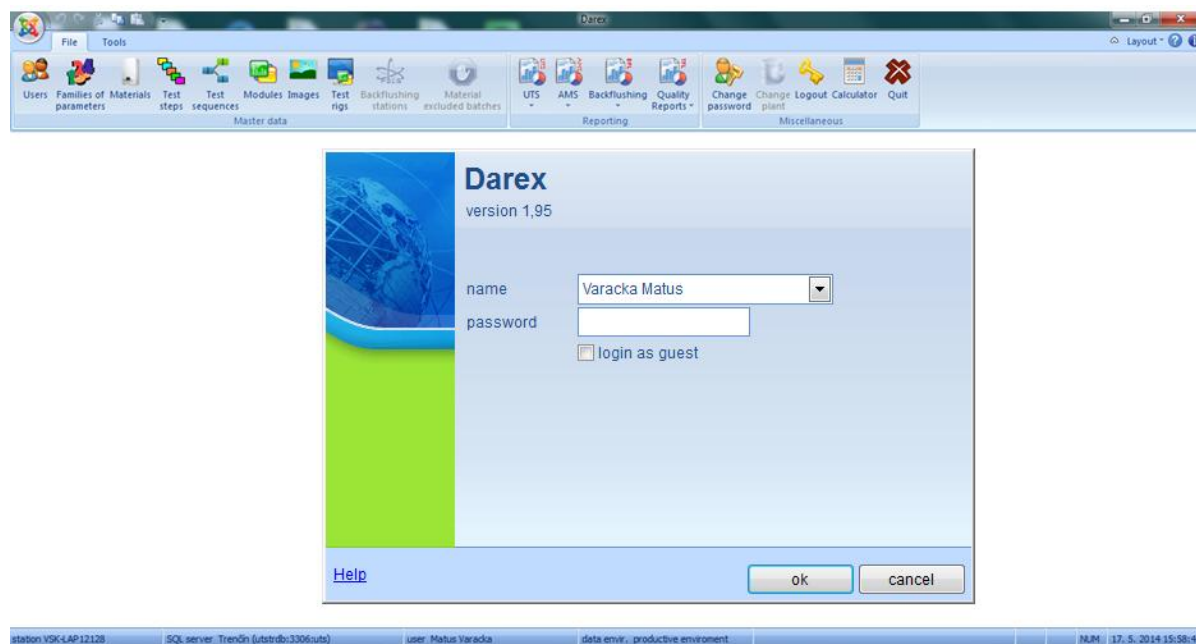
Obr. č. 27 - Ukážka jedného z oddielov v kroku pre tlač štítkov v LabVIEW

### 5.3 Ukladanie výsledkov do databázy

Celý výrobný proces je potrebné evidovať. Ako úložisko dát využívame databázu založenú na *MySQL*. Na prehľadávanie údajov ako aj na ich zmeny používame vlastnú aplikáciu. Táto aplikácia sa volá *Darex* a bola navrhnutá a vyvinutá na zákazku pre firmu Vaillant.

Pomocou tejto aplikácie sa taktiež konfiguruje rôzne kroky programu, pridávajú sekvencie či parametre. Každá výrobná linka či stanička tu má svoje miesto, kde je uložená celá konfigurácia. Na začiatku každého programu sa táto konfigurácia načíta a vďaka týmto údajom program v LabVIEW vie, ktoré kroky či moduly sa musia načítať a vykonať.

Taktiež sa do tejto databázy ukladajú výsledky všetkých testov a ďalšie údaje o jednotlivých linkách, výrobkoch a zamestnancoch.



Obr. č. 28 – rozhranie pre prácu s databázou

Táto aplikácia je navrhnutá tak, že v hornom horizontálnom menu má užívateľ na výber, ktoré dáta si žiada načítať. Vybrať si môže z informácií o zamestnancoch, konfigurácií pre jednotlivé výrobné linky a staničky, parametre pre rôzne kroky programu a výsledky testov. Tieto testy sú rozdelené podľa času, dátumu, mena operátora či typu modulu, ktorý sa vyrábal.

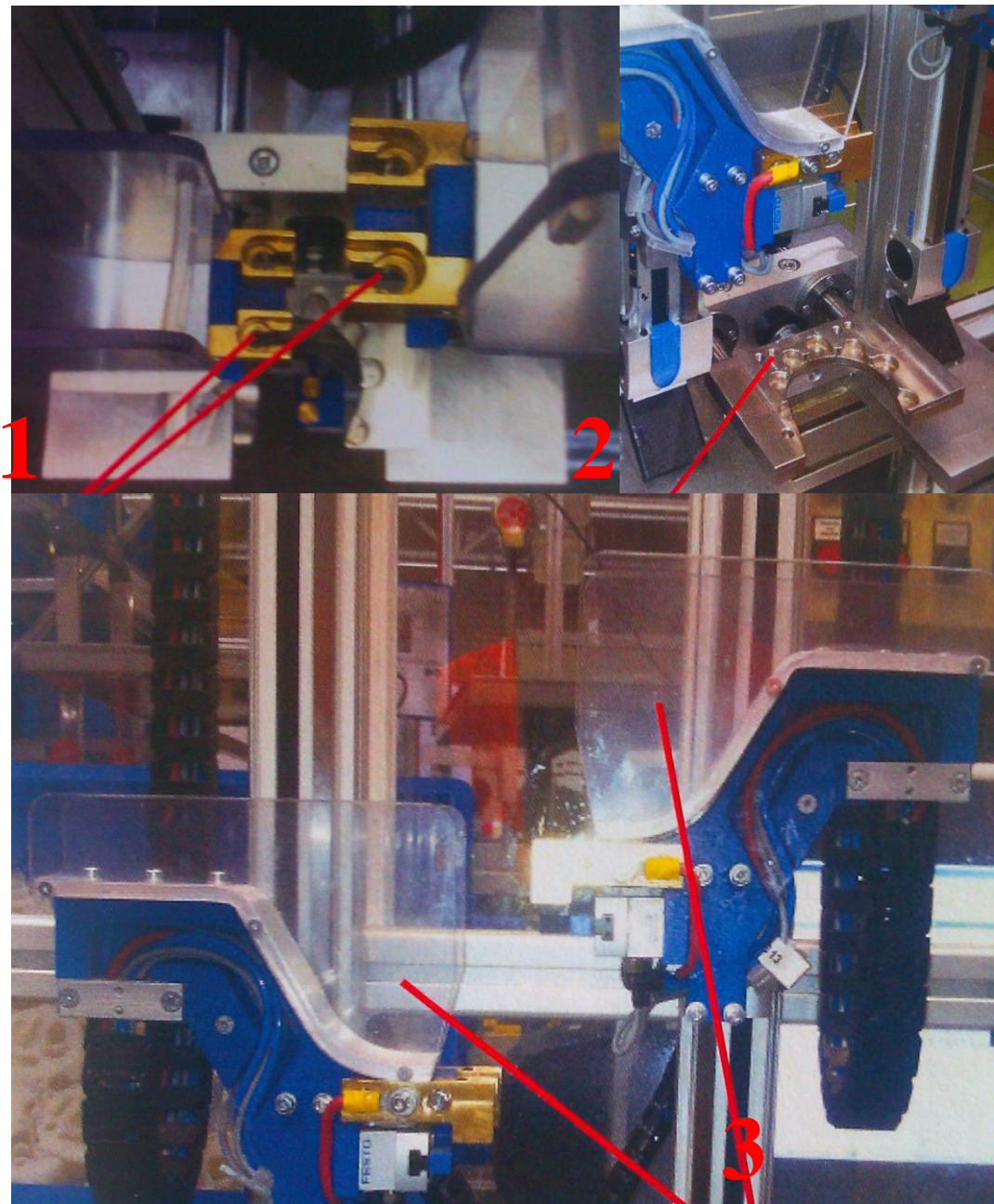
V prípade konfigurácie pre tester elektrického odporu som musel pomocou tohto rozhrania nakonfigurovať všetky programy a podprogramy potrebné pre testovanie.

## 6 TESTOVANIE

Samotné testovanie daného modulu pozostáva z niekoľkých krokov.

1. Operátor zvolí na dotykovej obrazovke typ modulu, ktorý ide práve testovať. Tento zvolený typ tam ostáva nastavený až do ďalšej zmeny modulu. To znamená, že tento výber sa nemusí vykonávať na začiatku každého testu, ale pri zmene modulu.
2. Operátor vloží testovaný modul do prípravku, ktorý sa nachádza v spodnej časti testera
3. Pružiny z vloženého testovaného modulu sa upnú do čelustí adaptácie. Nakoľko sa v každom module nachádzajú štyri pružiny, taktiež prípravok má štyri čeluste.
4. Vyčnievajúce konce nad vloženými pružinami je potrebné zachytiť, aby boli fixované počas testu a počas naťahovania pružín. Na to slúžia plastové žliabky, ktoré sú umiestnené nad čelustami.
5. Operátor opustí priestor monitorovaný optickou bránou a zabezpečí, aby žiadna časť jeho končatín alebo iná nežiadaná súčasť nebola v monitorovanom priestore testera. Po tomto môže pomocou stlačenia tlačidla spustiť test. V tejto chvíli sa uzatvoria čeluste s vloženými pružinami, natiahnu sa na požadovanú vzdialenosť a zmeria sa elektrický odpor pružín. Následne sa pružiny dajú do pôvodnej polohy.
6. Ak sa namerané hodnoty nachádzali v rozmedzí žiadaných hodnôt a teda test bol úspešný, na príslušnej tlačiarňi sa vytlačí kontrolný štítok ktorý obsahuje identifikačné údaje.
7. Pri neúspešnom teste môže byť operátor požiadaný o zvolenie, či chce test zopakovať. Táto možnosť závisí na konfigurácii v databáze. Táto konfigurácia sa môže líšiť v závislosti od typu modulov.
8. Po ukončení testu testovací operátor vytiahne modul z prípravku.
9. V prípade úspešného testu a vytlačenia kontrolného štítku, operátor tento štítok nalepí na požadované miesto na module a týmto je test ukončený.

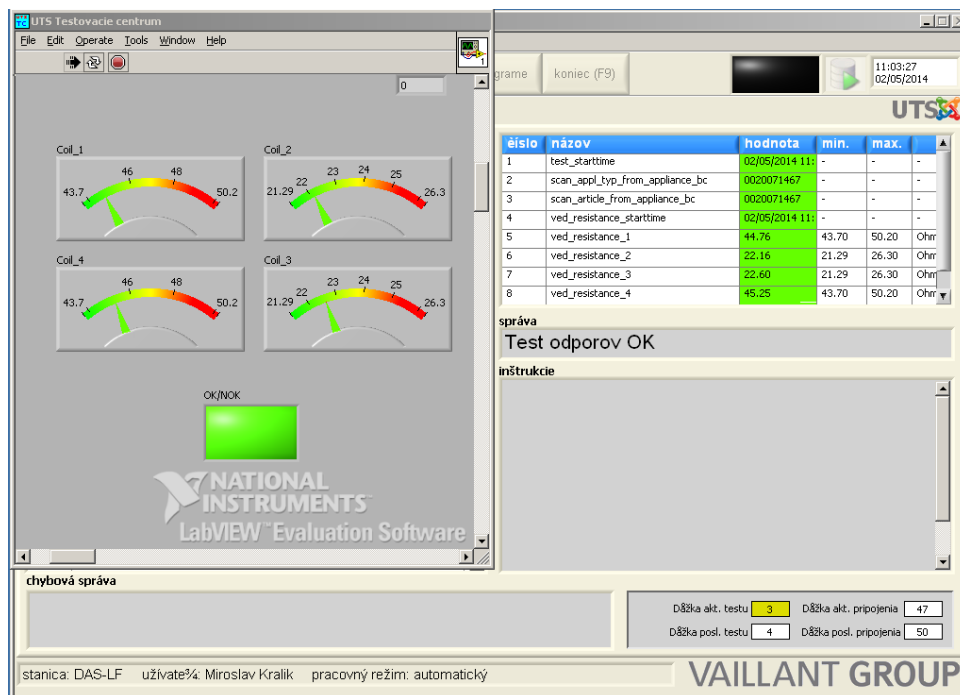




Obr. č. 29 – miesto na uchytenie pružín

1. – čeľuste na uchytenie pružín do pohyblivej časti
2. – prípravok na vloženie testovaného modulu
3. – plastové žliabky na uchytenie vyčnievajúcich častí pružín

Počas celého testu má operátor na dohľad dotykový displej, na ktorom sa mu zobrazujú jednotlivé inštrukcie, fázy chodu programu rovnako ako aj výsledky jednotlivých testov. Taktiež má možnosť vidieť zvolený typ modulu, ktorého hodnoty sa budú kontrolovať.



Obr. č. 30 – Vzhľad obrazovky počas testu

Na jednej polovici obrazovky sa operátorovi počas testu zobrazujú aktuálne hodnoty elektrického odporu na jednotlivých pružinách. Na druhej polovici sa zobrazujú číselné vyjadrenia spoločne s ďalšími technickými informáciami o výrobku.

Následne sa tieto výsledky ukladajú do databázy. Pomocou aplikácie Darex sa dajú tieto výsledky všetkých testov zobrazit' v prehľadnej tabuľke.

serial number	article number	local description	test rig	start date	start time	end date	end time	error
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	14:06:39	16. 5. 2014	14:06:44	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:09:17	16. 5. 2014	16:09:25	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:11:12	16. 5. 2014	16:11:16	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:12:30	16. 5. 2014	16:12:34	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:15:32	16. 5. 2014	16:15:35	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:16:49	16. 5. 2014	16:16:53	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:18:02	16. 5. 2014	16:18:06	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:19:11	16. 5. 2014	16:19:14	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:20:28	16. 5. 2014	16:20:32	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:28:50	16. 5. 2014	16:28:54	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:30:00	16. 5. 2014	16:30:05	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:31:22	16. 5. 2014	16:31:34	ved_resistance_1
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:31:48	16. 5. 2014	16:31:53	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:33:06	16. 5. 2014	16:33:11	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:34:21	16. 5. 2014	16:34:25	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:35:23	16. 5. 2014	16:35:34	ved_resistance_2
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:35:48	16. 5. 2014	16:35:55	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:48:08	16. 5. 2014	16:48:12	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:49:02	16. 5. 2014	16:49:05	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:50:02	16. 5. 2014	16:50:05	
1	0020071467	VED-E 21 kW Plus heat block	DAS-LF	16. 5. 2014	16:50:58	16. 5. 2014	16:51:01	

Obr. č. 31 – prehľad výsledkov testov a nameraných hodnôt

Typ výrobku	Čas testu	Žiadaná hodnota	Odpor1	Odpor2	Odpor3	Odpor4	Výsledok testu
0020071469	15:59:36	34,2-39,5 17,1 - 21	34,98	17,89	17,86	35	OK
0020071469	16:00:23	34,2-39,5 17,1 - 21	34,97	17,88	17,87	35,01	OK
0020071469	16:01:48	34,2-39,5 17,1 - 21	34,99	17,88	17,86	35,01	OK
0020071469	16:02:37	34,2-39,5 17,1 - 21	35,01	17,87	17,86	35,01	OK

Tab. č. 8 – výsledky testov

Vo výsledkoch testov sú zobrazené výsledky testov z výroby. Všetky namerané hodnoty sa nachádzajú v intervale žiadaných a prípustných hodnôt. Výsledky všetkých zobrazených testov boli úspešné a vyhovovali kritériám.

Priemerná doba testu, ktorá bola na súčasnóm zariadení 5 sekúnd, sa v súčasnosti pohybuje okolo 2,56 sekundy, čo je zlepšenie takmer o polovicu. Výsledok 2,56 sekundy je výsledok meraný programom, takže je k nemu potrebné pripočítať minimálny čas, ktorý trvá spustenie programu. Tento čas môže byť okolo 200 ms. Aj s týmto údajom sa doba trvania nového testu pohybuje pod úrovňou 3 sekúnd, čo je zlepšenie oproti predchádzajúcemu o 2 sekundy. S týmto časom som počítal aj pri kalkulácii návratnosti.



## ZÁVĚR

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo vytvoriť zariadenie, ktoré bude slúžiť na testovanie elektrického odporu testovaných modulov. Toto zariadenie malo byť zaradené do výrobného procesu vo firme, ktorá sa zaoberá výrobou vykurovacej a chladiacej techniky.

Navrhované zariadenie malo spĺňať podmienky pre prevádzku v priemyselnom prostredí a malo obsahovať vylepšujúce funkcie oproti existujúcemu zariadeniu, ktoré sa využíva vo svete. Napriek tomu sa však toto zariadenie malo vzhľadovo podobáť súčasnému.

Hlavným dôvodom realizácie tohto zariadenia bolo zabezpečiť vyššiu bezpečnosť pre testujúceho operátora a taktiež v čo najväčšej miere zabezpečiť, aby sa do ďalšieho procesu výroby nedostal modul, ktorý testom neprešiel alebo prešiel neúspešne.

V teoretickej časti opisujem spoločnosť, v ktorej sa zariadenie bude nachádzať a taktiež modul, ktorý bude testovaný na tomto zariadení. Taktiež sú v tejto časti spomenuté niektoré základné pojmy a analýza súčasného zariadenia. Toto zariadenie je využívané taktiež za hranicami, napríklad v Nemecku. V analýze je popísaná funkčnosť súčasného zariadenia a jeho nevýhody.

V praktickej časti sa nachádzajú jednotlivé kroky od návrhu, realizáciu až po testovanie nového zariadenia. Spomenuté sú funkcie, ktorými zariadenie disponuje, vzhľad a umiestnenie vo výrobe. Postup je doplnený o krátke vizualizácie kódu, ktoré boli použité pre programovanie zariadenia. Taktiež sa v tejto časti nachádza postup pri obsluhovaní testera.

Výsledkom práce je funkčné zariadenie určené na testovanie elektrického odporu testovanej časti modulu. Pri návrhu bol kladený dôraz na bezpečnosť, čo bolo dosiahnuté umiestnením viacerých bezpečnostných prvkov ako kryovaním zariadenia alebo optickou závorou.

Po každom úspešnom teste je operátorovi vytlačený kontrolný štítok, ktorý slúži na identifikáciu modulu. Bez tohto štítku nie je možné pokračovať s modulom vo výrobnom procese.

V súčasnosti sa toto zariadenie používa v spoločnosti Vaillant Industrial Slovakia, s. r. o. na testovanie elektrického odporu pružín pre elektrický ohrievač s označením VED.

Verím, že táto práca pomôže čitateľovi, ktorý sa rozhodne vytvoriť podobné zariadenie ale taktiež, že rozšíri obzory a priblíži možnosti využitia prostredia LabVIEW v automatizácii.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The main aim of the thesis was to create a device that will be used for testing electrical resistance of tested modules. This device should be included in the production process in the company, which manufactures heating and cooling equipments.

The proposed device should satisfy the conditions for operation in industrial environments and should contain, the improved features over existing equipment being used in the world. Nevertheless, the device should be similar to the current appearance.

The main reason for the implementation of this facility was to ensure greater safety for the worker and also to ensure that the next production process received a module that did not pass the test or fail easily.

In the theoretical part describes a company in which the device is located and also the module that will be tested on this device. There are also mentioned in this section, some basic concepts and analysis of the existing equipment. This device is also used abroad, such as Germany. The analysis describes the current functionality of the device and its disadvantages.

The practical part contains the individual steps from design and implementation to testing new equipment. There are mentioned functions that a device has, the appearance and location of production. The procedure is complemented by a short code visualization, which were used for programming the device. In this part there is also the procedure for servicing the tester.

The result is a functioning device designed to test the electrical resistance of the tested module. The proposal was put emphasis on safety, which has been achieved by placing more security features as Covered devices or optical barrier.

After each successful test, the worker get printed a test label, which is used to identify the module. Without this label can not continue with the module in the production process.

Currently this device is used in Vaillant Industrial Slovakia, Ltd. for testing electrical resistance springs for electrical heater labeled VED. I believe that this thesis will help the reader who decides to create a similar device and also expanding view and bring the possibilities of LabVIEW in automation.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vaillant Slovensko. [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.vaillant.sk/>
- [2] NATIONAL INSTRUMENTS. *LabVIEW: Course Manual*. Hungary, August 2013. 325290F-01.
- [3] NATIONAL INSTRUMENTS. *Effective LabVIEW Programming: Learn to Think in LabVIEW*. USA, 2013.
- [4] VAILLANT GMBH. *Product Training: Electric Instantaneous Heater VED /7, miniVED*. Remscheid, Germany, 86 s.
- [5] MALEK, Michal, Pavol MAKYŠ a Marek ŠTULRAJTER. *ÚVOD DO RIADENIA ELEKTRICKÝCH SERVOPOHONOV SPREDKOREKCIU*. Katedra výkonových elektrotechnických systémov, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita.
- [6] Beckhoff. *New Automation Technology* [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://beckhoff.com/>
- [7] *Pneumatické komponenty: Válce a příslušenství*. CZ, 2007. Učební texty pro výuku mechatroniky. Rexroth Bosch Group.
- [8] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace IV*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. ISBN 80-7318-274-2
- [9] *Tester odporov: BOST*. 12/2013
- [10] STEWART, Tom. *Poka Yoke and Other Useful UX Techniques*.
- [11] HRUŠKA, František. *PROJEKTOVÁNÍ ŘÍDICÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ* [online]. Zlín, 2010 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://dspace.k.utb.cz/handle/10563/18584>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

VPL	Visual programming language
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
NI	National Instruments
VI	Virtual Instrument, označenie jedného programu v LabVIEW
subVI	Sub Virtual Instrument, označenie podprogramu v LabVIEW
ZPL	Zebra Programming Language

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 - Technologické značky Vaillant Group .....	11
Obr. č. 2 – Produkty spoločnosti Vaillant Group [1] .....	12
Obr. č. 3 - National Quality Award.....	13
Obr. č. 4 - Získaný titul .....	13
Obr. č. 5 – Vaillant Group v Trenčíne .....	14
Obr. č. 6 – Zloženie jednotlivých kotlov VED .....	14
Obr. č. 7 – zloženie kotla VED .....	15
Obr. č. 8 – výmenník tepla.....	16
Obr. č. 9 – Princíp činnosti .....	17
Obr. č. 10 – súčasné zariadenie, Nemecko .....	19
Obr. č. 11 – blokový diagram HW .....	23
Obr. č. 12 – Ikona LabVIEW .....	24
Obr. č. 13 – Ikona NI .....	24
Obr. č. 14 – panel kontroliek .....	26
Obr. č. 15 – Ukážka prostredia LabVIEW s jednoduchým kódom.....	26
Obr. č. 16 – Ukážka blokového diagramu s využitím podprogramov .....	27
Obr. č. 17 – Ukážka Poka-Yoke systému .....	30
Obr. č. 18 – Uchytenie výrobku do testera.....	33
Obr. č. 19 – tlačiareň zebra GK-420t .....	34
Obr. č. 20 – Vzhľad zariadenia .....	35
Obr. č. 21 – Popis hlavných súčastí konštrukcie testovacieho zariadenia .....	40
Obr. č. 22 – hlavná obrazovka testera.....	42
Obr. č. 23 – štruktúra state machine .....	43
Obr. č. 24 – vývojový diagram kroku .....	44
Obr. č. 25 – kód v časti <i>test_resistance</i> .....	47
Obr. č. 26 – vzhľad tlačenej nálepky .....	49
Obr. č. 27 - Ukážka jedného z oddielov v kroku pre tlač štítkov v LabVIEW .....	51
Obr. č. 28 – rozhranie pre prácu s databázou.....	52
Obr. č. 29 – miesto na uchytenie pružín .....	54
Obr. č. 30 – Vzhľad obrazovky počas testu .....	55
Obr. č. 31 – prehľad výsledkov testov a nameraných hodnôt.....	55

**SEZNAM TABULEK**

Tab. č. 1 – Vyhotovenia a označenie typov kotla VED .....	15
Tab. č. 2 – jednotlivé časti blokového diagramu .....	23
Tab. č. 3 – tolerancie elektrického odporu pre jednotlivé moduly.....	32
Tab. č. 4 – cenová kalkulácia testera .....	36
Tab. č. 5 – analýza miera návratnosti.....	37
Tab. č. 6 – popis činnosti jednotlivých oddielov stavového automatu v testovacom kroku.....	46
Tab. č. 7 - popis činnosti jednotlivých oddielov stavového automatu kroku pre tlač.....	50
Tab. č. 8 – výsledky testov .....	56