

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

Diplomová práce

**Optimalizace testovacích postupů mobilních generátorů a
návrh modernizace zařízení pro záznam, zpracování a
archivaci naměřených dat ve firmě AIR POWER s. r. o.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: **2012/2013**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav KROUPA**
Osobní číslo: **E11N0160P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Optimalizace testovacích postupů mobilních generátorů a návrh modernizace zařízení pro záznam, zpracování a archivaci naměřených dat ve firmě AIR POWER s.r.o.**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte přehled typů záložních zdrojů elektrické energie
2. Popište aktuálně používané technologické vybavení zkušebny, testovací postupy a požadavky na sběr a zpracování dat
3. Posuďte aktuálně používanou metodiku a vybavení pro testování generátorů s obecnou úrovní techniky používanou v obdobných zařízeních a navrhnete její vylepšení
4. Navrhnete modernizaci používané technologie a optimalizaci zkušebních a vyhodnocovacích postupů, analyzujte přínosy navrhovaných změn
5. Zpracujte stručné ekonomické zhodnocení navrhovaných změn

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na modernizaci technologie a pracovní metodiky ve zkušebně společnosti AIR POWER s.r.o. V teoretické části uvádí přehled záložních zdrojů elektrické energie a popisuje dieselgenerátor. Poté představuje společnost AIR POWER s.r.o. Dále se věnuje používaným technologiím, pracovní metodice při testech mobilních generátorů a specifikuje požadované parametry generátorů.

Praktická část se věnuje analýze používané metodiky a specifikuje skutečnosti, které je nutné vylepšit. V další části práce je uveden návrh na zlepšení systému a technologie měření včetně přenosu naměřených dat do PC ve zkušebně společnosti AIR POWER. Součástí návrhu je i návrh implementace navrhovaného systému ve zkušebně. Závěrečná část obsahuje ekonomické zhodnocení navrhovaných změn.

Klíčová slova

Dieselgenerátor, záložní zdroj, test, úspora, UPS, zkušebna, AIR POWER s. r. o., měřicí přístroj, přesnost, frekvence, napětí, proudy

Abstract

This master's thesis presents modernization of technology and work methodology in the testing facility of company AIR POWER s.r.o.

The theoretical part states overview of backup power supply systems and describes the diesel-generator. Then it describes AIR POWER company in detail. Further it describes technology used in the testing facility, working methodology during tests of mobile generators and specifies required parameters of generators.

The practical part is focused on analysis of used working methodology and specifies parts of test process which can be improved. Next section presents proposal for improvement of the system and technology of measuring, including implementation of proposed system in the testing facility.

The final part contains economical evaluation of proposed improvements for the company.

Key words

Diesel-generator, backup power supply, test, saving, UPS, testing facility, AIR POWER, measuring instrument, accuracy, frequency, voltage, currents

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 6. 5. 2013

Bc. Miroslav Kroupa

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Pavlu Trnkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále mé poděkování patří konzultantu ze společnosti AIR POWER Ing. Petru Hrdličkovi a řediteli společnosti AIR POWER Ing. Ivanu Škábovi.

Obsah

ÚVOD.....	10
1. ZÁLOŽNÍ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	11
1.1 ROZDĚLENÍ ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ.....	11
1.2 UPS	12
1.2.1 UPS off-line.....	13
1.2.2 UPS line-interactive.....	14
1.2.3 UPS on-line.....	14
1.3 DIESELGENERÁTOR	15
1.3.1 Motor	16
1.3.2 Alternátor.....	17
1.3.3 Nádrž.....	17
1.3.4 Regulátor napětí	17
1.3.5 Chladicí a výfukový systém.....	18
1.3.6 Zařízení pro dobíjení baterie	18
1.3.7 Kontrolní panel.....	18
1.4 ROZDÍLY ZÁLOHOVÁNÍ SYSTÉMEM UPS A DIESELGENERÁTOREM.....	19
2. ANALÝZA TESTOVACÍCH POSTUPŮ GENERÁTORŮ VE SPOLEČNOSTI AIR POWER S. R. O.	22
2.1 SPOLEČNOST AIR POWER S. R. O.	22
2.2 GENERÁTORY FIRMY AIR POWER S.R.O.	24
2.3 GENERÁTOR G40	24
2.4 POUŽÍVANÉ TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ	25
2.5 TESTOVACÍ POSTUPY	28
2.5.1 Výkonový test generátoru.....	31
2.6 POŽADOVANÉ PARAMETRY GENERÁTORŮ ZÁKAZNÍKEM	34
3. ZHODNOCENÍ AKTUÁLNĚ POUŽÍVANÉ METODIKY A NÁVRH NA ZLEPŠENÍ.....	36
3.1 PŘESNOST MĚŘENÝCH DAT.....	36
3.2 BEZPEČNOST PRÁCE	37
3.3 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO SYSTÉMU TESTOVÁNÍ	37
3.4 POROVNÁNÍ TESTOVACÍHO SYSTÉMU FIRMY AIR POWER S JINÝMI VÝROBCI.....	38
3.5 NÁVRH ZLEPŠENÍ POUŽÍVANÉ METODIKY	39
3.5.1 Měřicí transformátor proudu (MTP)	40
4. NÁVRH MODERNIZACE A OPTIMALIZACE TECHNOLOGIÍ VE ZKUŠEBNĚ SPOLEČNOSTI AIR POWER S. R. O.	41
4.1 MODERNIZACE TECHNOLOGIE.....	41
4.1.1 Stolní multimetr UNIT-T UT804.....	41
4.1.2 Fluke 289	45
4.1.3 Měření proudu	47
4.2 VARIANTY ZAPOJENÍ MĚŘÍCÍCH PŘÍSTROJŮ	48
4.3 PRŮMYSL OVÝ SYSTÉM FLUKE CNX 3000.....	50
4.3.1 Bezdrátový multimetr CNX 3000	51
4.3.2 Bezdrátový proudový modul Fluke CNX i3000 iFlex AC.....	53
4.3.3 Bezdrátový napěťový modul CNX v3000 AC.....	54

4.3.4	Počítačový adaptér Fluke CNX pc3000 a software.....	55
4.4	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH VARIANT.....	56
4.5	IMPLEMENTACE FLUKE CNX 3000 VE SPOLEČNOSTI AIR POWER.....	58
4.6	PŘÍNOSY NASAZENÍ SYSTÉMU FLUKE CNX 3000	60
5.	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	62
5.1	PŘÍMÉ ÚSPORY NÁKLADŮ	62
5.1.1	Úspora přímých nákladů na pracovníka	62
5.1.2	Úspory energií	63
5.1.3	Úspory pohonných hmot	64
5.2	NEPŘÍMÉ ÚSPORY NÁKLADŮ.....	66
5.3	NÁKLADY NA ZAVEDENÍ NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU	66
5.4	EKONOMICKÉ PŘÍNOSY, KTERÉ NEJSOU PŘÍMO MĚŘITELNÉ	67
5.5	CELKOVÉ EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	68
ZÁVĚR	70
POUŽITÁ LITERATURA:	71
PŘÍLOHY.....	74

Seznam symbolů a zkratk

UPS	uninterruptible power supply – nepřerušitelný zdroj napájení
RMS	root mean square - střední kvadratická hodnota
MTP	měřicí transformátor proudu
CAT	bezpečnostní norma
IP54	ingress protection – stupeň krytí
AC	alternating current – střídavý proud
PH	phase – fáze
LCD	liquid crystal display – displej z tekutých krystalů

Úvod

Tématem diplomové práce je optimalizace testovacích postupů mobilních generátorů a návrh modernizace zařízení pro záznam, zpracování a archivaci naměřených dat ve firmě AIR POWER s. r. o. Tato práce byla zvolena na základě nabídky spolupráce se společností AIR POWER s.r.o. na řešení konkrétního problému. Společnost potřebovala navrhnout zlepšení svých postupů a používané technologie při testech mobilních generátorů. Hlavním požadavkem bylo navrhnout zefektivnění průběhu měření a snížit nákladovost, zpřesnit výsledky měření a zároveň zvýšit bezpečnost práce ve zkušebně generátorů. Přímá spolupráce s výrobní společností na řešení konkrétního reálného problému je dobrým vstupem do výrobní praxe. Navíc mne téma testování generátorů upoutalo, proto jsem této nabídky využil.

Úvodní část práce se zabývá přehledem a definicí záložních zdrojů napájení. Popisuje dieselgenerátor a rozdíly mezi nejčastěji používanými systémy UPS a dieselgenerátorem.

Praktická část práce se zabývá popisem a analýzou testovacích postupů ve společnosti AIR POWER. Jsou zde uvedena aktuálně používaná technologická vybavení a průběhy testů generátorů. Uvádí přehled vyráběných generátorů, jejich technické parametry a požadované výstupní parametry. Dále analyzuje používanou metodiku z několika pohledů a uvádí návrh na její zlepšení. V další části je navrženo několik variant modernizace technologií ve zkušebně. Varianty jsou porovnány dle přínosu pro společnost a je doporučen nejoptimálnější měřicí systém a jeho implementace ve zkušebně AIR POWER.

Závěrečná část práce se zabývá ekonomickým zhodnocením navrhovaných změn. Jsou zde vyčísleny úspory vzniklé nasazením navrhovaného systému, náklady na zavedení nového systému a porovnává náklady původní s náklady po zavedení nového systému měření.

1. Záložní zdroje elektrické energie

Záložní zdroje elektrické energie jsou určeny pro zabezpečení stálého napájecího napětí pro důležitá zařízení, jako jsou nemocnice, letiště, počítačové systémy, řídicí systémy technologických procesů atd. Hlavní funkce záložních zdrojů je zabezpečení napájení elektrickou energií v případě výpadku napájecí sítě. Tato situace může nastat následkem havárie elektrárny, poruchou přenosové soustavy typu úderu blesku, nestabilitou v přenosové soustavě způsobenou například ekologickými alternativními zdroji elektrické energie nebo lidskou chybou. Přerušení dodávky elektrické energie nastává v případech přírodních katastrof, ať jsou to záplavy, vichřice, tornáda, zemětřesení či tsunami. Při každém přerušení dodávky elektrické energie mohou vzniknout ekonomické škody, škody na majetku i ztráty na životech.

V případě výpadku zásobování elektrickou energií z distribuční sítě záložní zdroje zareagují a převezmou zásobování chráněného odběrného místa elektrickou energií tak, aby zabránili případným škodám. Výpadky vznikají nejčastěji poruchou rozvodné sítě, poruchou elektráren nebo lidskou chybou. Využívají se také v místech, kde elektrická síť není dostupná, nahrazují tak hlavní napájecí síť a jsou používány jako jediný zdroj elektrické energie. Typickým příkladem jsou staveniště, nemocniční budovy nebo speciální akce typů koncertů či sportovních utkání [19].

Definice záložního zdroje napájení

Záložní zdroj napájení je zařízení, které zajišťuje přívod elektrické energie s konstantním regulovaným výstupním napětím v době, kdy dojde k přerušení dodávky elektrické energie z hlavního zdroje [2].

1.1 Rozdělení záložních zdrojů

Záložní zdroje elektrické energie lze dělit dle druhu výstupního napětí [7]:

- Stejnoseměrné
- Střídavé
- Kombinované

Dle druhu a způsobu přeměny elektrické energie se rozdělují na [7]:

- Rotační zdroje
- Statické zdroje

Typickým rotačním zdrojem jsou motorgenerátory, přeměňující primární energii (palivo) na energii elektrickou. Motorgenerátor je kombinací spalovacího motoru a elektrického generátoru. Pro větší výkony se jako palivo používá nafta, proto bude dále označován jako dieselgenerátor. Dieselgenerátor uchovává energii v palivu, proto se v závislosti na velikosti nádrže může stát dlouhodobým zdrojem elektrické energie.

UPS - Uninterruptible Power Supply – nepřerušitelný zdroj napájení je statický zdroj uchovávající energii v akumulátorech a je určen pro překonání krátkodobého elektrického výpadku.

Hlavním rozdílem těchto dvou skupin je tzv. doba odezvy, to je doba, za kterou jsou tyto zdroje po výpadku proudu schopny začít dodávat elektrickou energii. Zatímco systém UPS je schopný zareagovat okamžitě, start generátoru trvá 30 – 40 vteřin. Motorgenerátory a UPS jsou nejpoužívanějšími záložními zdroji, proto a z důvodu zaměření této práce budou detailněji popsány v následujících kapitolách.

Mezi další používané záložní zdroje elektrické energie patří:

- Palivové články
- Fotovoltaické články
- Sekundární baterie
- Setrvačníky
- Super – kondenzátory

1.2 UPS

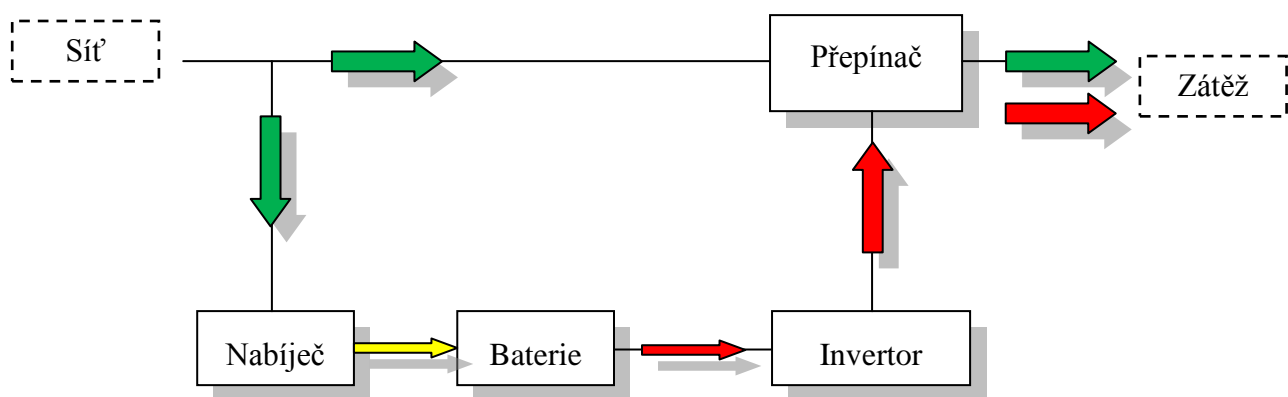
UPS pracují na principu uchovávání elektrické energie v akumulátorech a její přeměny na elektrickou energii s parametry napájecí sítě ve střídači. Kromě překlenutí krátkodobých

výpadků, UPS také síť filtruje a stabilizuje. Jednotka UPS je tvořena nejméně jedním z každých následujících funkčních bloků: usměrňovač, střídač a baterie. Existuje velké množství různých typů zdrojů nepřerušitelného napájení, které se navzájem liší principem činnosti a v návaznosti na to také kvalitou výstupního napětí. Nejjednodušší je rozdělení UPS do dvou základních skupin: [1,20]

- UPS off-line
- UPS on-line

1.2.1 UPS off-line

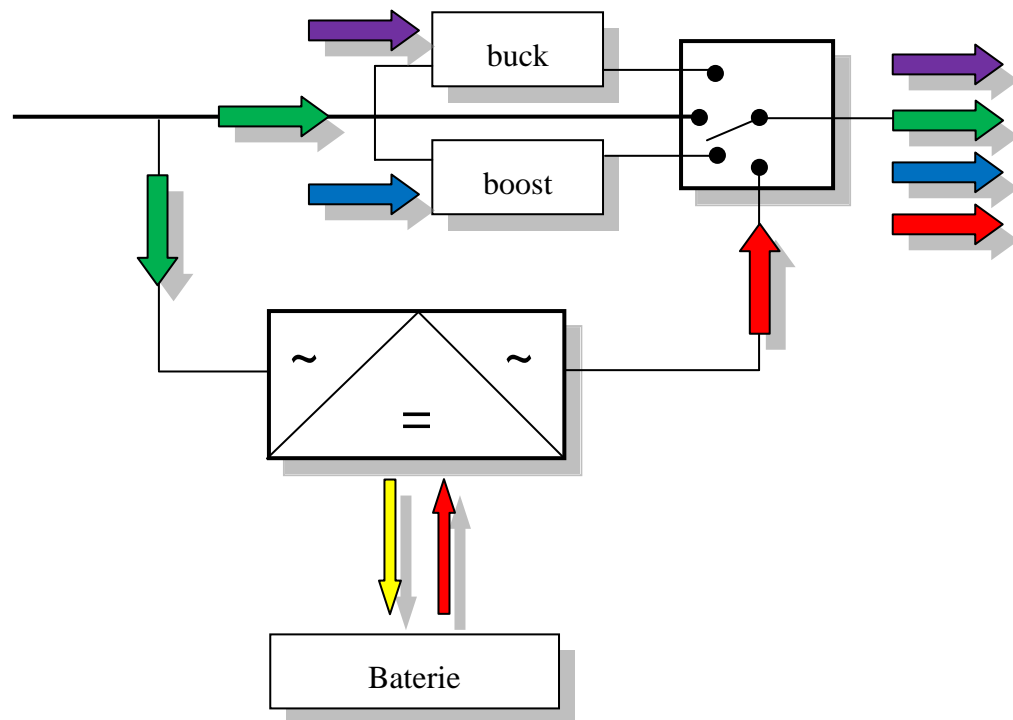
Tento typ se také označuje jako pasivně pohotovostní nebo passive stand-by. Nejpoužívanější typ záložního zdroje pro ochranu zařízení a pracovních počítačových stanic, jakými jsou záložní zdroje UPS typu off-line, dodávají energii z vestavěných baterií pouze v případě výpadku napájecího napětí. V normálním případě pouze přenášejí na výstup stejný průběh elektrické energie, který je na jejich vstupu. UPS obsahuje vstupní přepětovou ochranu a zařízení, připojená na výstup UPS, jsou napájena filtrovaným střídavým napětím z veřejné sítě elektrické energie. Baterie UPS jsou dobíjeny přes elektronický obvod nabíječe baterií. Při poruše elektrické energie (podpětí, přepětí,...), nebo při náhlém přerušení dodávky elektrické energie z veřejné elektrické sítě, zajistí přepojovač svým přepnutím uzavření elektrického obvodu a tím jsou napájena připojená zařízení přímo z baterií UPS. Stejnosemné napětí z baterií je měněno na stabilizované střídavé napětí v elektronickém obvodu invertoru, které má krokově aproximovaný sinusový průběh. Schéma principu činnosti je znázorněno na obrázku 1.1 [3,4].



Obr. 1.1: Schéma principu činnosti UPS off-line [3]

1.2.2 UPS line-interactive

Tyto UPS jsou v principu stejné jako off-line UPS, ale nabízejí lepší přepětovou ochranu, víceúrovňovou regulaci výstupního napětí, kvalitnější filtrování na vstupu a preciznější způsob detekce výpadku vstupního napětí. Díky lepší detekci výpadku vstupního napětí jsou mnohem rychlejší v přepínání na záložní napájení a zpět. Hlavním využitím line-interactive UPS je zálohování serverů a počítačových stanic, případně chránění aktivních prvků počítačových sítí před výpadkem elektrické energie, proti předpětí, podpětí a impulsním poruchám v síti. Stejnosemné napětí z baterií je měněno na stabilizované střídavé napětí v elektronickém obvodu invertoru, které má spojitý krokově aproximovaný sinusový průběh. Schéma zařízení je zobrazeno na obrázku 1.2 [3,5].

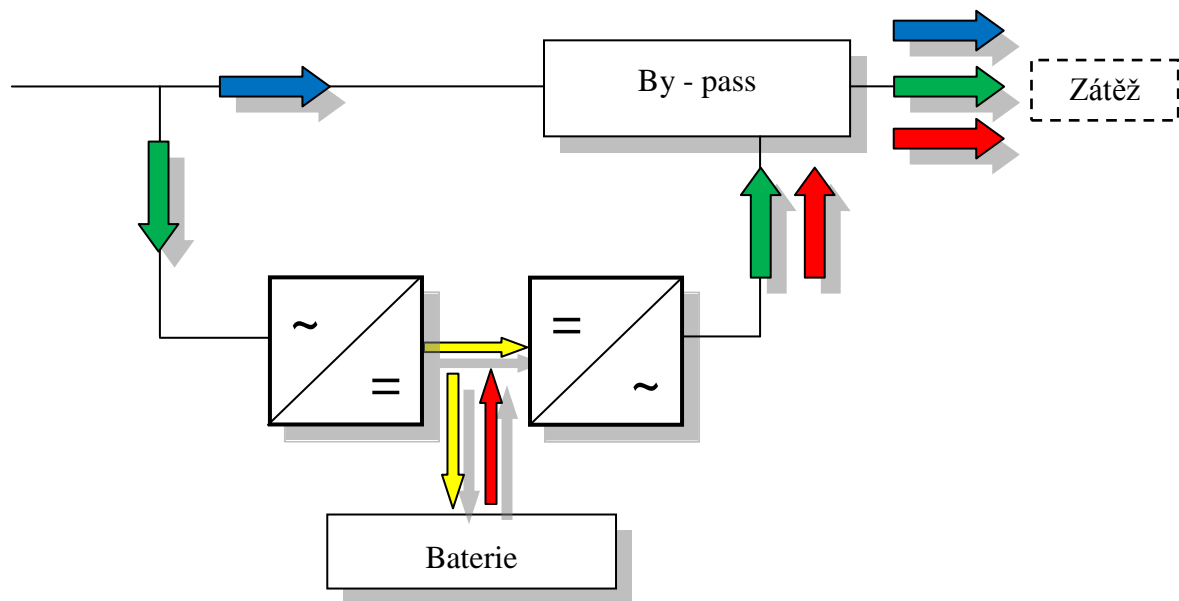


Obr. 1.2: Schéma principu činnosti UPS line interactive [3]

1.2.3 UPS on-line

Nazývají se také jako UPS s dvojitou konverzí. Vyrábí výstupní napětí z usměrněného vstupního napětí. Střídavé napětí je měněno v elektronickém obvodu usměrňovače na stejnosměrné napětí a to zpět v elektronickém obvodu invertoru opět na stabilizované střídavé

napětí. V UPS tak neustále protéká elektrický proud přes baterie, které jsou dobíjeny z usměrňovače. Energie z nich zajišťuje přes invertor napájení připojených zařízení. Hlavní výhodou těchto UPS je vždy stejné (stabilní a čisté) napětí na výstupu, bez ohledu na to, co se právě odehrává na vstupu. On-line UPS je možno použít i jako stabilizátor frekvence. Nevýhodou je nutnost chlazení, kratší životnost a vyšší cena. Tento typ se používá k ochraně nejnáročnějších zařízení, jako jsou servery a datová centra. Schéma principu činnosti je zachyceno na obrázku 1.3 [3,5].

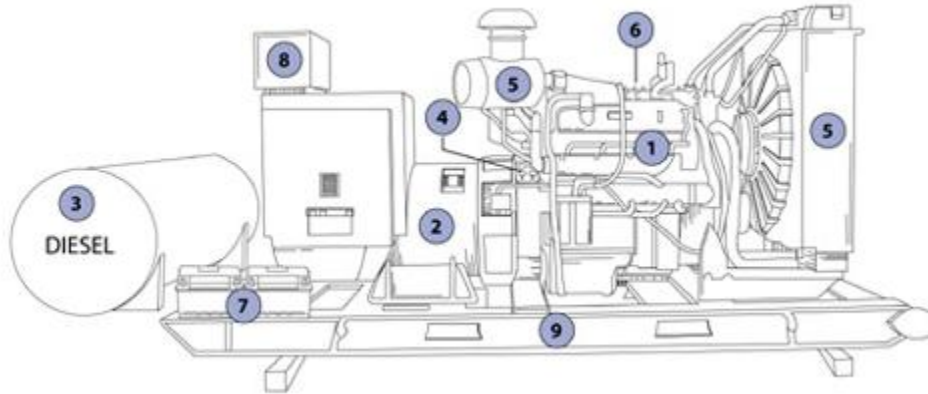


Obr. 1.3: Schéma principu činnosti UPS on-line [3]

1.3 Dieselgenerátor

Jedná se o kombinaci spalovacího dieselového motoru a elektrického synchronního generátoru. Motor vytváří točivý moment a alternátor převádí tuto kinetickou energii na energii elektrickou. Toto zařízení přináší dostatek výkonu, spolehlivosti, minimální potřebnou údržbu a dostupnou pořizovací cenu pro široké nasazení. Používány jsou na místech, kam není přivedeno síťové napájení, nebo pokud je potřeba nahradit delší časové úseky výpadků elektrické energie.

Energie dieselgenerátoru je uchovávána v palivu, ke kterému se přisává vzduch, tato směs se ve spalovací komoře motoru zapálí. Tím se stlačuje píst, který přes ojnici roztáčí klikovou hřídel. Na hřídeli je připojen rotor alternátoru, který ve vinutí statoru indukuje střídavé napětí. Motor se díky ztrátám zahřívá a je tedy nutné ho chladit a také mazat pohyblivé komponenty. Schéma jednotlivých komponent je zobrazeno na obr. 1.4 [6].



Obr. 1.4: Schéma jednotlivých částí dieselgenerátoru, převzato z [6]

Hlavní komponenty tohoto stroje jsou:

- 1 - motor
- 2 - alternátor
- 3 - palivový systém
- 4 - regulátor napětí
- 5 - chladicí a výfukový systém
- 6 – systém pro olejové mazání motoru
- 7 – zařízení pro nabíjení baterie
- 8 – kontrolní panel
- 9 – hlavní rám zařízení

1.3.1 Motor

Motor je zdroj mechanické energie dodávané do generátoru. Výkon motoru musí odpovídat maximálnímu výkonu, který má generátor poskytnout. Motor může používat různá

paliva: menší jednotky zpravidla používají benzin, větší naftu. Výhoda naftových motorů je v menší spotřebě, tím i delší výdrži a ve vyšším točivém momentu. Ale existují také jednotky poháněné benzínem, zemním plynem nebo tekutým propanem [6].

1.3.2 Alternátor

Alternátor je točivý elektrický stroj pracující v generátorickém režimu, tedy jako elektrický generátor. Přeměňuje kinetickou energii rotačního pohybu na energii elektrickou ve formě střídavého proudu. Výstupní střídavý proud a odpovídající střídavé napětí může být jednofázové nebo vícefázové. Alternátor pracuje na principu elektrické indukce, ve vodiči je indukováno napětí, pokud se vodič a magnetické pole vůči sobě pohybují [6].

Hlavní součásti alternátoru jsou stator a rotor. Stator je pevný komponent, který obsahuje cívky navinuté na železném jádře. Rotor je pohybující se komponent, který vytváří rotační pole pomocí indukce nebo permanentních magnetů. Rotující magnetické pole indukuje střídavý proud ve statorovém vinutí [6].

1.3.3 Nádrž

Nádrž generátoru je ve většině případů součástí rámu stroje, případně lze instalovat externí nádrž pro delší výdrž chodu generátoru. Většina generátorů je vybavena dostatečně velkou nádrží pro provoz generátoru minimálně po dobu 6 hodin. Výhodou je snadné doplnění paliva bez přerušení provozu generátoru.

1.3.4 Regulátor napětí

Regulátor napětí je komponent regulující výstupní napětí generátoru. Zajišťuje co nejrychlejší náběh generátoru na plný výkon a při změnách zatížení udržuje požadovaný výkon. Část výstupního střídavého napětí převádí na napětí stejnosměrné a napájí jím sekundární vinutí statoru [6].

1.3.5 Chladicí a výfukový systém

Generátor se při provozu zahřívá a je tedy důležité ho chladit. Chladit lze generátor i vzduchem, nejčastěji se však jako chladicí médium používá voda. Pro chlazení vinutí velkých generátorů se používá vodík, který účinněji odvádí teplo od generátoru a přenáší ho do tepelného výměníku sekundárního chladicího systému. Ten používajícího jako chladivo demineralizovanou vodu. Důležitá je pravidelná údržba chladicího systému.

Výfukový systém odvádí toxické chemikálie přítomné ve spalínách diesellového i benzínového motoru. Pro uchycení výfukového systému na motor generátoru se používá pružných úchytů z důvodu tlumení vibrací.

1.3.6 Zařízení pro dobíjení baterie

Start generátoru zajišťuje olověná baterie velmi podobná automobilovým bateriím. Při provozu generátoru dochází k automatickému nabíjení baterie. Hodnota dobíjecího stejnosměrného napětí pro olověné baterie je 2,33 V na článek. Některé velké generátory mají dostatečně velkou kapacitu baterie pro jejich použití jako UPS. Jsou tedy schopny napájet síť okamžitě po výpadku do doby rozběhu generátoru.

1.3.7 Kontrolní panel

Kontrolní panel je uživatelské rozhraní generátoru. Obsahuje ukazatele napětí, frekvence a proudu na všech 3 fázích. Součástí panelu je signalizace poruch zařízení pomocí LED a grafického prvku. Dále obsahuje ukazatele paliva v nádrži, napětí baterie a ukazatel provozních hodin generátoru. Pomocí prvku Output voltage adjust je možno upravit výstupní napětí. Kontrolní panel obsahuje nezbytná start a stop tlačítka.

Komponenty kontrolního panelu:

- Měřič výstupního proudu s otočným třífázovým přepínačem
- Měřič výstupního napětí
- Měřič výstupní frekvence
- Regulátor výstupního napětí
- Ovládací panel startu či vypnutí generátorů s LED indikací chybových stavů
- Ukazatel napětí akumulátoru
- Palivový ukazatel
- Čítač provozních hodin generátoru

Kontrolní panel konkrétního generátoru G40 je pro bližší představu zachycen na následujícím obrázku 1.5.



Obr. 1.5: Kontrolní panel generátoru

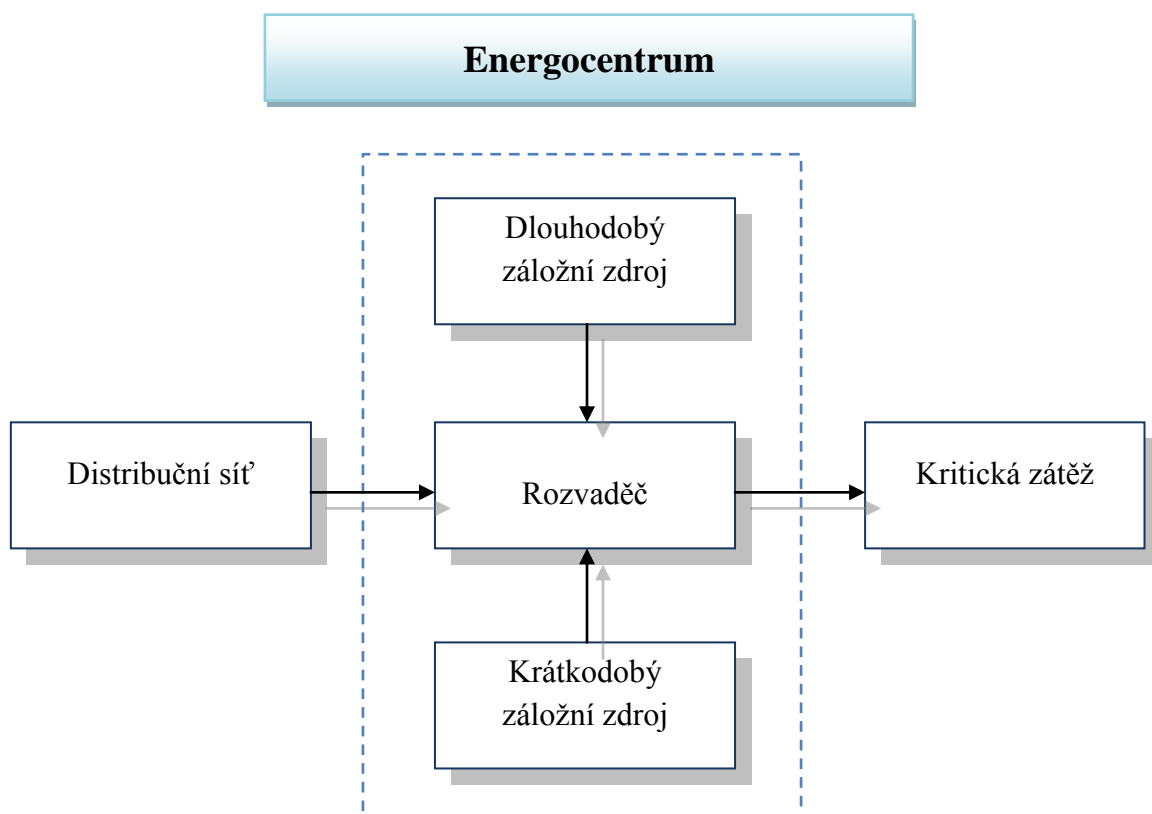
1.4 Rozdíly zálohování systémem UPS a dieselgenerátorem

Hlavní rozdíl spočívá, jak již bylo uvedeno ve způsobu získávání energie. Statické UPS využívají akumulátorů a jsou určeny pro překonání krátkodobého elektrického výpadku,

diesलगенераторы удерживают энергию в топливе, в зависимости от размера резервуара они так могут стать долгосрочным источником электрической энергии.

Можно вариант обеспечения непрерывной подачи электрической энергии может быть сотрудничество UPS с дизельгенератором. UPS обеспечит переключение краткосрочных сбоев, сеть фильтрует и стабилизирует, дизельгенератор обеспечит подачу электрической энергии на более длительный срок.

Эта концепция используется у так называемых Энергоцентров. Речь идет о подходящем сочетании краткосрочного и долгосрочного резервного источника питания, как показано на рис. 1.6, использующее преимущества обоих источников. Долгосрочный источник представляет собой дизельгенератор, который является надежным долгосрочным источником электрической энергии, его единственным недостатком является более длительное время запуска, чем для запуска двигателя и генератора, чтобы начать подавать энергию в сеть. Эту критическую ситуацию поможет переключить система краткосрочного резервного питания UPS. [8,10].



Obr. 1.6: Blokové schéma energocentra [8]

Energocentrum je kombinace krátkodobého a dlouhodobého záložního zdroje elektrické energie doplněná příslušnými rozvaděči, kabeláží, komunikačním příslušenstvím a dalšími prvky. Z požadavku na dlouhodobou nezávislost objektu na dodávce elektrické energie z veřejné sítě vyplývá dominantní role dlouhodobého záložního zdroje v energocentru. Kromě dieselgenerátoru se jako dlouhodobý zdroj výjimečně používají i generátory plynové či benzinové. Dieselgenerátor je spolehlivý stroj s jednoduchou údržbou a s možností doplňování palivové nádrže za provozu. Moderní konstrukce a elektronické řízení zajišťují i splnění stále přísnějších emisních limitů při rozumné míře spotřeby paliva [7,10].

Doba provozu dieselgenerátoru je snadno technicky řešitelná externími nádržemi. Všechny tyto vlastnosti jsou nejvíce ceněny v zemích, kde jsou napájecí sítě nestabilní nebo nejsou dostatečně přístupné.

2. Analýza testovacích postupů generátorů ve společnosti AIR POWER s. r. o.

Tato kapitola bude věnována popisu technologického vybavení, analýze testovacích postupů ve zkušebně a požadavkům na sběr a zpracování dat ve společnosti AIR POWER, se kterou v rámci této práce spolupracuji.

2.1 Společnost AIR POWER s. r. o.

Firma AIR POWER s.r.o. je strojírenskou firmou, zabývající se převážně montáží stavebních strojů poháněných spalovacími motory. A to hlavně kompresory, dieselgenerátory a tzv. světelnými věžemi. Firma AIR POWER sídlí v průmyslovém areálu v Plzni a zaměstnává 100 pracovníků. Celkem bylo v letech 2001 až 2011 vyrobeno více než 36 000 strojů. V roce 2013 bude dle plánu výroby vyrobeno 344 generátorů [11].

Společnost se nedávno stěhovala do nového výrobního areálu, kde má vybudovány zkušebny hotových výrobků v části nové haly o velikosti 2500 m². Zkušební plocha je oddělena od montážní haly. V této se zkušebně se testují dieselgenerátory, kompresory a tzv. „světelné věže“. Provádí se výstupní kontrola hotových výrobků, tento typ diagnostiky má značný ekonomický význam spočívající v omezení záručních řízení a oprav na minimum, či v jejich úplném odstranění. Pro tyto potřeby je zkušebna vybavena výkonnou vzduchotechnikou, rozvaděči, zátěžovými rezistory schopnými simulovat zátěž až 500 kW a počítačovou technikou viz obr. 2.1 [9,11].



Obr. 2.1 Rozvaděče a zátěžový rezistor ve zkušební hale



Obr. 2.2 Testovaný generátor ve zkušebně společnosti AIR POWER
23

2.2 Generátory firmy AIR POWER s.r.o.

Firma AIR POWER s.r.o. vyrábí několik typů dieselgenerátorů od výkonu 20 do 500 kVA. Hlavním zákazníkem společnosti je americko-korejská společnost působící na celosvětovém trhu. Největší část produkce míří na asijský trh. Celkový přehled vyráběných generátorů vyráběných společností AIR POWER je společně se základními parametry uveden v tabulce 2.1.

Tab. 2.1: Mobilní generátory vyráběné firmou AIR POWER s.r.o.[11]

Model	Výstup kVA	Motor kW
G20	20	21
G30	31	29
G40	40	38
G60	61	55
G80	80	75
G100	105	94
G160	158	139
G200	200	188
G250	259	227
G400	410	358
G500	500	444

2.3 Generátor G40

Jako příklad mobilního generátoru byl vybrán generátor s označením G40 Portable Power o výkonu 40 kVA zobrazeným na obr. 2.2. Výkonu motoru je 38 kW. Hodnota účinníku je, stejně jako u všech vyráběných typů, dodavatelem deklarována 0,8. Tento generátor je určen pro nepřetržitý provoz v náročném prostředí, což z něj dělá ideální volbu pro náročné aplikace, jako je nasazení ve stavebnictví nebo při speciálních akcích typů koncertů či sportovních utkání. Tento generátor je také vhodný jako dlouhodobý záložní zdroj elektrické energie. Kompletní technické specifikace generátoru G40 jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Tab. 2.2: Parametry mobilního generátoru G40, převzato z[11]

VÝKON	
Výkon – kVA	40
Energie v pohotovostním režimu - kVA 1PH	42
Frekvence – Hz	50
Napětí, 1PH / 3PH	230/400
Maximální hladina akustického výkonu	96 dB
Alternátor	Leroy Somer
Alternátor buzení typu	AREP
Třída izolace	H
Ovládací panel	Analogový
MOTOR	
Obchodní značka	Mitsubishi
Model	4IRS2T
Výkon motoru – kW	38
Počet válců	4
Elektrická soustava – V	12
Rychlost /přesnost regulace (v ustáleném stavu)	+ / - 2,5%
Objem nádrže – L	413
Spotřeba paliva při 75% zatížení (l / h)	8.5
Runtime 75% Load – hr	48.4
Hmotnost a rozměry	
Délka x šířka x výška – mm	2471 x 1003 x 1750
Suchá hmotnost – kg	1260
Hmotnost – kg	1649

2.4 Používané technologické vybavení

Aktuálně používané vybavení zkušebny společnosti AIR POWER se skládá z těchto měřicích přístrojů:

- Multimetr UNIT-T UT71A
- Klešťový ampérmetr MASTECH MS2102

Multimetr UNIT-T UT71A

Pro měření sdruženého napětí, výstupní frekvence a dobíjecí napětí baterie u

testovaných generátorů se využívá ruční voltmetr značky UNIT-T UT71A uvedený na obrázku 2.3. Kalibrace tohoto přístroje proběhla dne 20. 11. 2012. Přístroj byl vedoucím zkušebny vybrán pro jeho nízkou pořizovací cenu jako dostatečný pro ruční měření. Pro plánovanou modernizaci a zefektivnění měřicího procesu není přístroj vyhovující. Nevýhodou je nutnost přikládat měřící hroty na otevřenou svorkovnici, což snižuje bezpečnost práce.



Obr. 2.3: Multimetr UNIT-T UT71A

Výhodou tohoto přístroje je velký, kvalitně posvícený displej, automatické nastavení měřicího rozsahu, odolné provedení a malé rozměry. Technické specifikace přístroje jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Tab. 2.3: Technické parametry multimetru, převzato z [12]

Multimetr	UNIT-T UT71A
AC napětí, TRUE RMS	0-1000V, šířka pásma 100 kHz
Základní přesnost	0,4% AC
Přesnost	+-(1,5%+40)
Vstupní impedance	10 MΩ
Elektrický odpor	0-40 MΩ
Kapacita	0-40 mF
Frekvence	0 - 400 MHz

MASTECH MS2102

Multimetr UNIT-T UT71A umožňuje měřit hodnotu střídavého proudu pouze do 10 A, hodnota výstupního proudu generátoru během testu, při plném zatížení může dosáhnout až 600 A. Proto se pro měření výstupních fázových proudů používá klešťový ampérmetr MASTECH MS2102 zobrazený na obrázku 2.4.



Obr. 2.4: Klešťový ampérmetr MASTECH MS2102, převzato z [21]

Tento přístroj umožňuje bezdotykové měření proudu bez odizolování vodiče. Parametry přístroje pro měření proudu jsou uvedeny v tabulce 2.4.

Tab. 2.4: Ampérmetr Mastech MS2102, převzato z [21]

Ampérmetr – klešťový	MASTECH MS2102
Rozsah	3999
Přesnost	1% - 2,5%
Proud AC	do 400 A

2.5 Testovací postupy

Za účelem analýzy současných testovacích postupů bude uveden průběh testování mobilního generátoru řady G40, který je zachycen na obr. 2.5. Test proběhl dne 19. února 2013, testovaný stroj je mobilní generátor o výkonu 32 kW, sériové číslo testovaného stroje je G0400351. Test provádí 1 měřící technik, celková doba testu trvá 90 minut, výkonový test trvá 40 minut. Vyhodnocení v programu MS Excel trvá dalších 8 minut. Hlavní část měření spočívá ve výkonovém testu, kdy se testovaný generátor nejprve testuje nezatížený a poté se zatíží postupně na 50 %, 100 % a skokově na 80 % výkonu.



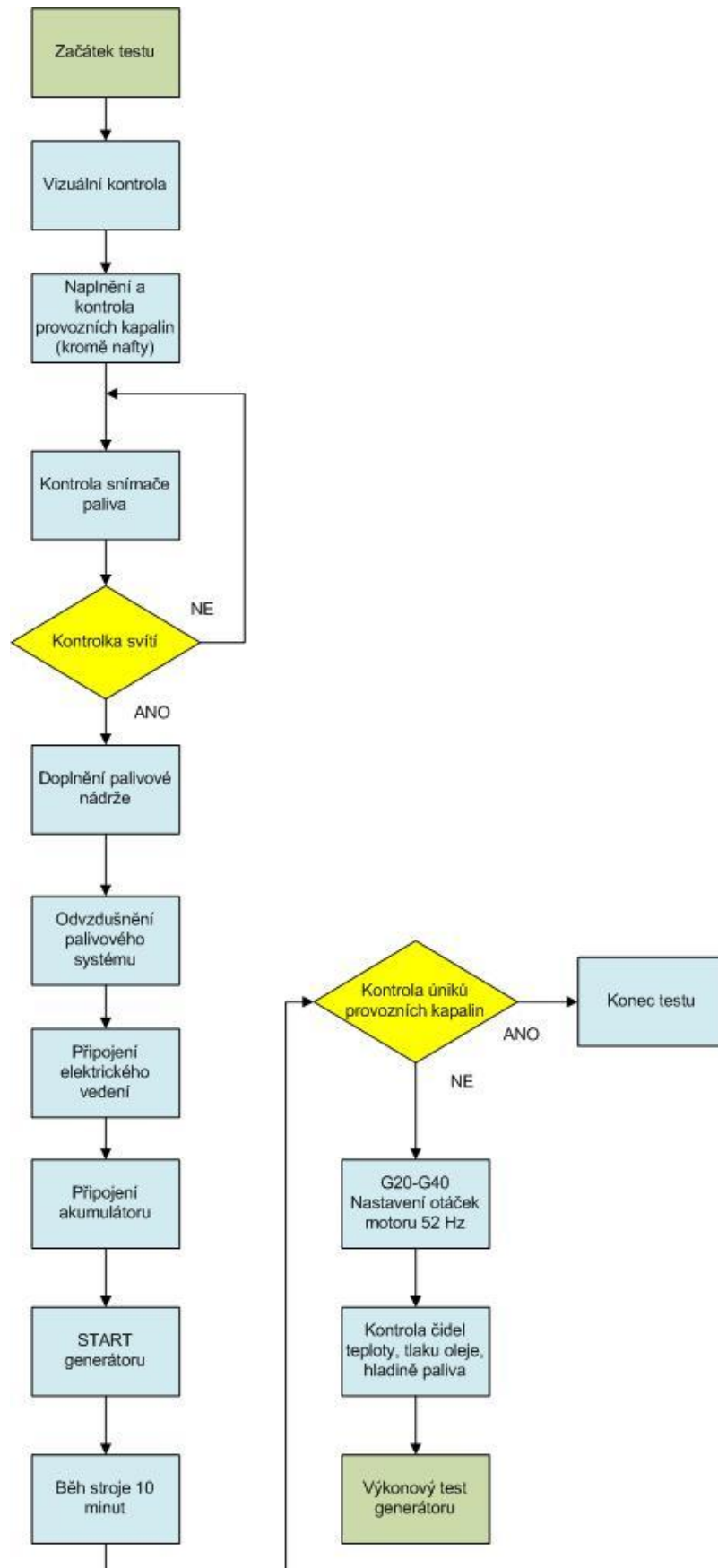
Obr. 2.5: Mobilní generátor G40

Podrobné technické parametry testovaného dieselgenerátoru jsou shrnuty v tabulce 2.5.

Tab. 2.5: Parametry testovaného generátoru G40 [11]

Model	G40
Sériové číslo	G0400351
Napětí/fáze	400/3F
Výkon kVA	40
Výkon kW	32
Účinník	0,8
Hz	50
RPM	1500
Třída izolace	H
Hmotnost kg	1750

První část testu, zobrazená na obr. 2.6, spočívá ve vizuální kontrole mobilního generátoru, je provedena kontrola kontaktů, zapojení kabeláže alternátoru a spoje, tato část testu trvá asi 10 minut. Poté je stroj naplněn provozními kapalinami kromě nafty a je zkontrolována hladina oleje v motoru a množství kapaliny v chladiči. Na ovládacím panelu generátoru se ověří funkčnost kontrolky nedostatku paliva. Po této kontrole palivového čidla je do palivové nádrže natankováno stanovené množství nafty a ověřeno, že kontrolka nedostatku paliva zareaguje. Dále je ručně odvzdušněn palivový systém a připojena baterie. Ke generátoru je připojeno elektrické vedení do rozvaděče, ke kterému je připojen odporník a je připojena vzduchotechnika pro odsávání spalin. Generátor je nastartován a nezatížený běží po dobu 10 minut, kdy jsou kontrolovány případné úniky kapalin. U strojů G20 až G60, které nemají elektronické nastavení otáček motoru, jsou otáčky nastaveny tak, aby nezatížený generátor měl výstupní frekvenci 52 Hz. Dalším krokem je kontrola funkčnosti čidla chladicí vody, čidla tlaku oleje a je proveden test vypnutí stroje při nízké hladině paliva. Účelem testu je ověření, zda se při odpojení těchto čidel, případně připojení externího snímače paliva, stroj zastaví.



Obr. 2.6: Schéma první části testu [11]

2.5.1 Výkonový test generátoru

Testovaný generátor se připojí na silový okruh zátěžového rezistoru. Je provedena kontrola funkčnosti proudového chrániče a STOP tlačítka, důležitého pro bezpečnost práce. Kontroluje se pouze vypnutí stroje, celková funkčnost proudového chrániče je testována dodavatelem. Poté je pomocí trimmeru na alternátoru je výstupní napětí nastaveno na 420 V, při plně otevřeném potenciometru. Pomocí potenciometru na ovládacím panelu generátoru je poté výstupní napětí upraveno na 406 V. Následuje provedení výkonového testu generátoru. Měří se a zaznamenávají hodnoty sdruženého napětí, výstupního proudu a frekvence. Voltmetrem je změřeno napětí mezi jednotlivými fázemi, výstupní frekvence a klešťovým ampérmetrem jsou proměřeny výstupní proudy. Tyto hodnoty jsou postupně získány pro nezatížený generátor, generátor zatížený na 50 %, v tomto případě se jedná o zatížení 16 kW a plně zatížený generátor 32 kW. Zatěžování generátoru probíhá při těchto měřeních postupně.

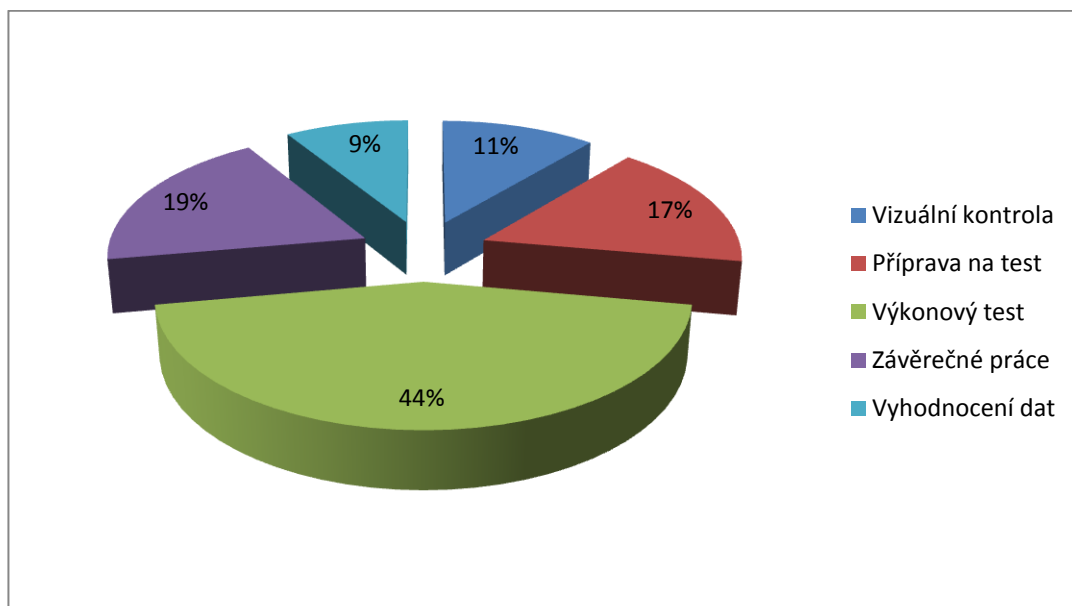
Posledním krokem výkonového test je tzv. Stepload test, tento test spočívá ve skokovém zatížení – nezatížený generátor se skokově zatíží na 80 %. Motor generátoru musí zůstat v chodu a jeho otáčky, stejně jako výstupní napětí a frekvence se do 15 vteřin musí ustálit, tyto hodnoty se poté změří a zaznamenají.

Test končí kontrolou sledu fází generátoru a změřením dobíjecího napětí baterie. Toto napětí se má pohybovat v požadované hodnotě 13,5 – 14,9 V, dobíjení baterie je důležité pro start stroje. Celkový postup testu je naznačen na obr. 2.7 [11].

Tab. 2.6: Jednotlivé zaznamenávané hodnoty při testu [11]

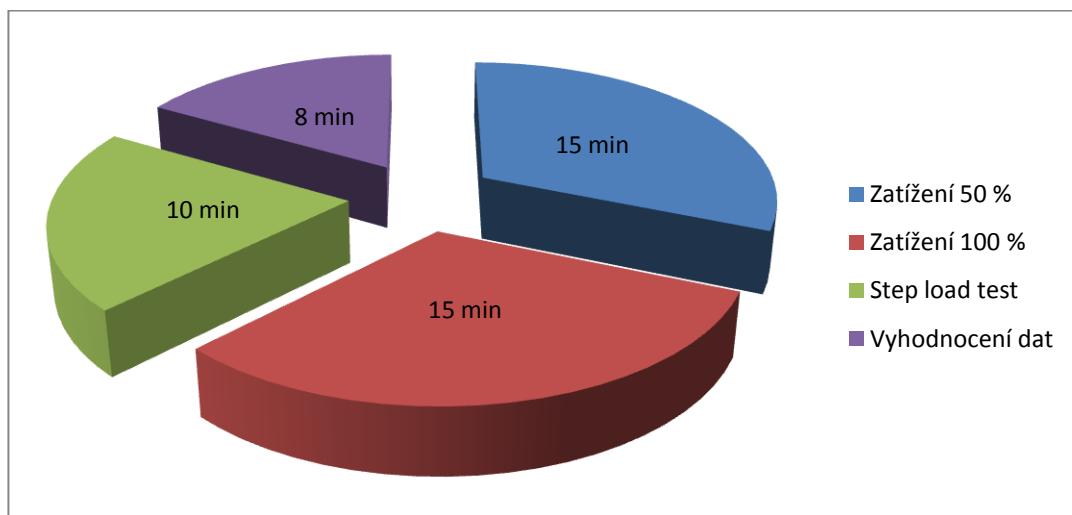
Sériové číslo generátoru
Sdružené napětí 3f při 0%; 50%; 100% a Stepload 80% zatížení
Výstupní proud na jednotlivých fázích při 0%; 50%; 100% a Stepload 80% zatížení
Frekvence na jednotlivých fázích při 0%; 50%; 100% a Stepload 80% zatížení
Napětí generované trimmerem
Napětí generované potenciometrem
Dobíjecí napětí baterie
Motohodiny

Celková doba výkonového testu je 40 minut, celková doba celého testu je pak 90 minut. Procentuální časové schéma jednotlivých fází testu je znázorněno v grafu 2.1

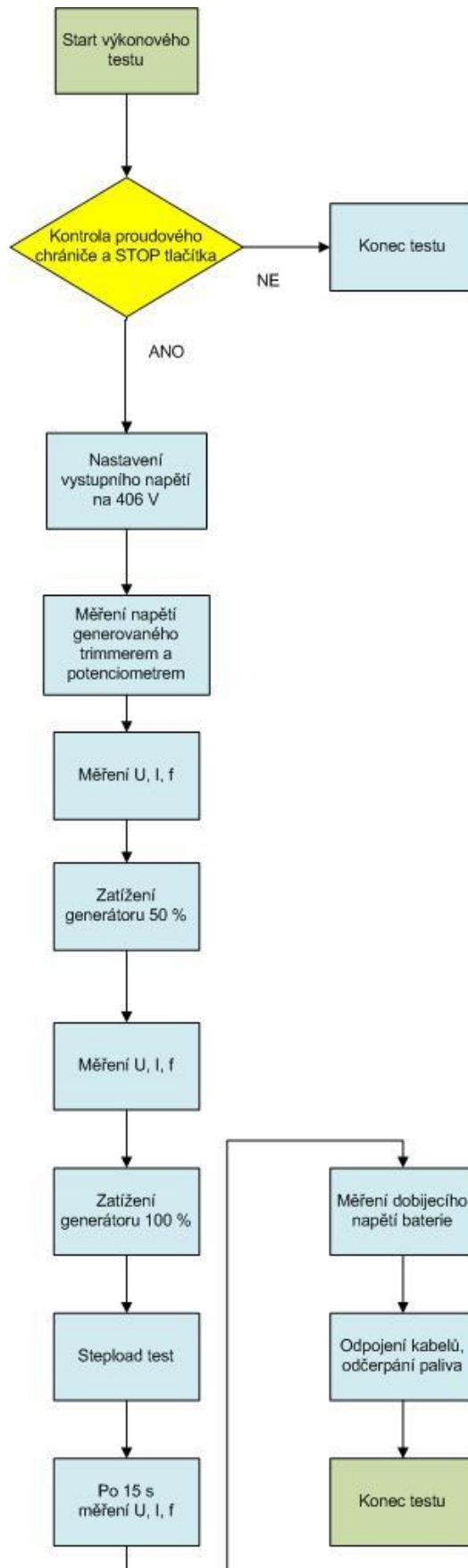


Graf.: 2.1 Časové schéma fází testu generátoru

Časové schéma výkonového testu s označeným časovým intervalem jednotlivých fází měření a vyhodnocení dat je uvedeno v grafu 2.2



Graf.: 2.2 Časové schéma výkonového testu generátoru



Obr.: 2.7 Průběh výkonového testu generátoru [11]

2.6 Požadované parametry generátorů zákazníkem

Společnost AIR POWER s. r. o. má svým zákazníkem předepsány následující hodnoty nastavení zátěžového rezistoru a rozpětí, ve kterém se mají pohybovat výstupní hodnoty vyráběných generátorů. Hodnota výstupního napětí se musí pohybovat mezi 394 až 406 V viz tab. 2.7. U generátorů G20 až G60 jsou otáčky motoru regulovány mechanicky, pro tyto generátory musí vždy výstupní frekvence při plném zatížení zůstat v rozmezí 48 až 51 Hz a poměr frekvence nezatíženého generátoru k frekvenci plně zatíženého generátoru musí být menší než hodnoty uvedené v tabulce 2.8. Generátory G80 a vyšší řady mají hodnotu otáček regulovanou elektronicky a jejich výstupní frekvence musí zůstat v rozmezí 49,9 až 50,1 Hz.

Tab. 2.7: Výstupní hodnoty předepsané zákazníkem, převzato z [11]

model	Zatížení [kw]		Napětí	frekvence / motor		
	50% zatížení	100 % zatížení		mechanická	elektronická	
G20	8	16	Rozsah napětí <394;406>V	frekvence při 100% zatížení v rozsahu <48;51>Hz & výpočtová tabulka frekvence		
G30	13	25				
G40	16	32				
G60	24	48				
G80	32	64				Rozsah frekvence <49.9;50.1>Hz
G100	41	82				
G160	64	128				
G200	80	160				
G250	103	205				
G275	111	222				
G400	164	328				
G500	200	400				

Tab. 2.8: Hodnoty předepsaného poměru frekvencí [11]

Model	0% zatížení / 100% zatížení $\leq x$
G20	1,050
G30	1,055
G40	1,065
G60	1,050

Při testování mobilního generátoru G40, které proběhlo dne 26. února 2013 a u kterého jsem byl přítomen, byly změřeny a zaznamenány hodnoty uvedené v tabulkách 2.9 a 2.10.

Tab. 2.9: Naměřené výstupní hodnoty generátoru G40

Nastavení zátěžového rezistoru	V			A			Hz		
	L1L2	L1L3	L2L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
0.0 % kW	405,5	405,6	405,5	0	0	0	51,72	51,69	51,7
50.0 % kW	405,5	405,5	405,8	26	26	26,1	50,91	50,9	50,91
100 % kW	405,3	405,5	406	52,8	52,5	52	49,92	49,93	49,93
STEPLOAD 80 % kW	405,3	406	405,3	42,1	42	41,9	50,3	50,71	50,35

Tab. 2.10: Zaznamenaná data

Nastavení	Požadovaná hodnota	Naměřená hodnota
Napětí gen. trimmerem	420 +- 0,5 V	420,1 V
Napětí gen. potenciometrem	405 - 406 V	405,5 V
Dobíjecí napětí baterie	13,5 - 14,9 V	14,7 V
Motohodiny	>0,6 hod	0,86 hod

3. Zhodnocení aktuálně používané metodiky a návrh na zlepšení

V této kapitole bude vyhodnocena současná metodika a vybavení pro testování generátorů popisované v minulé kapitole. Následovat bude návrh na zlepšení.

Aktuálně používaná metodika popisovaná v minulé kapitole není ideální z hlediska přesnosti měřených hodnot, bezpečnosti práce ani z hlediska ekonomického, protože je časově neefektivní jak při měření, tak i při zaznamenávání a vyhodnocování naměřených dat.

3.1 Přesnost měřených dat

Nejvýznamnějším problémem je měření frekvence, pro toto měření je používán multimetr UNIT-T UT71A nevhodný. Přestože je přístroj vybaven ochranou pojistkou pro měření napětí až 1000 V, ve specifikacích přístroje je uvedena maximální hodnota napětí pro měření frekvence pouze 30 V. Při testu generátoru G40 ze dne 26.2.2013 se hodnota frekvence nepodařila změřit a technik proto zaznamenal hodnotu z orientačního měřicího přístroje na panelu generátoru. Tímto postupem nebylo dosaženo kontroly měřicího přístroje na panelu generátoru a zaznamenaná hodnota rozhodně nedosahovala očekávané přesnosti měření.

Dalším identifikovaným problémem je postup měření sdruženého napětí. Napětí mezi fázemi kolísá v čase a technik se snaží odhadem zaznamenat střední hodnotu. Tento postup nedosahuje potřebné přesnosti. Pro zlepšení tohoto stavu navrhuji změřit 5-10 hodnot v určitém časovém intervalu a z těchto hodnot matematickým výpočtem zaznamenat střední hodnotu. Zlepšením stávajícího postupu by také bylo měření mezi všemi 3 fázemi v jeden časový okamžik, ale není to podmínkou.

Přestože konečný zákazník ve svých specifikacích neuvádí žádné požadované rozmezí hodnot výstupních proudů, je nutné tyto hodnoty měřit a zaznamenávat. Používaný klešťový ampérmetr MASTECH MS2102 je pro toto měření vhodný, ale neumožňuje propojení s PC a užití vhodného software. Nastává tedy podobný problém jako u měření sdruženého napětí, kdy technik pouze odhaduje střední hodnotu.

3.2 Bezpečnost práce

Při měření hodnot multimetrem UNIT-T UT71A musí technik opakovaně přikládat a přidržovat měřící hroty na otevřené svorkovnici výstupu generátoru viz obrázek 3.1. Při testování nejvýkonnějšího generátoru G500 je hodnota procházejícího elektrického proudu na svorkovnici cca 570 A. Existuje zde velké riziko nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Z hlediska bezpečnosti práce není současný systém měření ideální.



Obr.: 3.1 Práce měřícího technika u otevřené svorkovnice

3.3 Ekonomické zhodnocení současného systému testování

Z ekonomického hlediska je používaná metodika nevýhodná zejména z důvodu velké časové náročnosti. Tím vzrůstají náklady na mzdu pracovníka, včetně nutných přesčasů. Zavedením modernějšího systému a nové metodiky testů se zrychlí nejen samotné měření dat, ale i vyhodnocení a elektronické zpracování pro zákazníka. Současný postup zpracování naměřených dat je následující: technik po ručním měření zapíše data do předtištěného formuláře zachyceného na obr. 3.2. Tato zapsaná data musí následně zpracovat v kanceláři, kde je přepisuje do programu MS Excel, data vyhodnotí a uloží do tabulky. Na vyžádání je tento soubor elektronicky odeslán zákazníkovi. Data dále uloží na serveru pro případ

reklamace nebo dalšího vyžádání těchto dat zákazníkem. Časová náročnost zpracování naměřených dat je průměrně 10 až 12 minut. Denně se průměrně provádí 5 - 7 testů generátorů, přičemž do budoucna se počítá s nárůstem. V současnosti je zkušební hala upravována tak, aby umožňovala testování 2 kusů generátorů najednou, pokud by měření bylo zautomatizované, umožnilo by technikovi spustit měřicí sekvenci na prvním stroji a věnovat se přípravě testu na druhém generátoru.

Air Power s.r.o.
VTG

VÝKONNOSTNÍ TEST GENERÁTORU
LOAD TEST REPORT

SÉRIOVÉ ČÍSLO GENERÁTORU:
GENERATOR SERIAL NUMBER: 60400357

MĚŘENÍ VÝSTUPNÍCH HODNOT GENERÁTORU GENERATOR OUTPUT VALUE MEASURING	V			A			Hz		
	L1L2	L1L3	L2L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
NASTAVENÍ ZÁTĚŽOVÉHO REZISTORU LOAD BANK SETTING									
0.0 % kW	4035	4036	4035	0	0	0	5172	5169	5170
50.0 % kW	4035	4035	4039	26.0	26.0	26.7	5091	5090	5091
100 % kW	4033	4035	4040	52.5	52.5	52.0	4992	4993	4993
STEPLOAD 80 % kW	4033	4060	4057	42.7	42.0	41.9	5030	5077	5035

Obr.: 3.2 Ruční zápis do formuláře

3.4 Porovnání testovacího systému firmy Air Power s jinými výrobci

U testů mobilních generátorů se vždy musí měřit velikost výstupního napětí, proudu a frekvence. Případně se vyhotovuje výkonový graf, který je ale možný sestavit z naměřených dat dodatečně. Společnosti, které se výrobou a testováním generátorů zabývají, mají následující možnosti:

- Zakoupení vhodného komerčně dostupného řešení
- Najmutí specializované externí společnosti, která naprogramuje software a sestaví potřebný hardware na míru měřicího pracoviště

Druhá možnost spolupráce s externí firmou je výrazně nákladnější a pokud si ji daná společnost vybere, chrání si toto své řešení jako cenné know-how. Takovému postupu je možné se vyhnout a navrhnout systém testování pomocí komerčně dostupných přístrojů. Dnes je na trhu dostatek moderních přístrojů, které splňují požadavky kladené na efektivnost a automatizaci měření a vyhodnocení dat. Tato práce se tedy bude zabývat návrhem vhodného, ekonomicky dostupného komerčního řešení a jeho implementací ve společnosti AIR POWER s. r. o.

3.5 Návrh zlepšení používané metodiky

Propojení měřících přístrojů s PC, nasazení vhodného software a automatické vyhodnocení výsledků měření přinese zefektivnění pracovního postupu i zpřesnění výsledků testů.

Části zkušebních operací vhodných pro zefektivnění měřícího procesu:

- Minimalizovat činnost pracovníka v těsné blízkosti svorkovnice
- Minimalizovat nebo odstranit ruční připojování měřících přístrojů během měření
- Zajistit přímý přenos naměřených výsledků do PC
- Zpřesnit výsledky - nastavení měřícího software na měření 5 - 10 hodnot a výpočtu střední hodnoty
- Importovat naměřená data do MS Office, ověření rozsahu hodnot
- Zefektivnit časový průběh měření
- Minimalizovat prostoje technika zkušebny
- Měření na všech fázích současně

Řešení musí být univerzální, tak aby se dalo aplikovat na všechny vyráběné typy mobilních generátorů. Měřené veličiny napětí a frekvence se u jednodušších typů vyráběných generátorů významně nemění a na trhu je dostatek zařízení nabízejících potřebnou přesnost měření, propojení s PC i vhodný obslužný software.

Problém nastává při měření fázového proudu. Proud protékající jednotlivými fázemi při plném zatížení roste společně s výkonem generátoru. Proud nejvýkonnějšího generátoru G500

lze pro odporovou zátěž spočítat dle vzorce:

$$I = \frac{P}{U} [A]$$

Generátor G500 se při testech zatěžuje 400 kW rozloženými na 3 fázích, výkon na fázi je tedy 133,33 kW. Fázové napětí je cca 234 V. Po úpravě tedy dostáváme vztah:

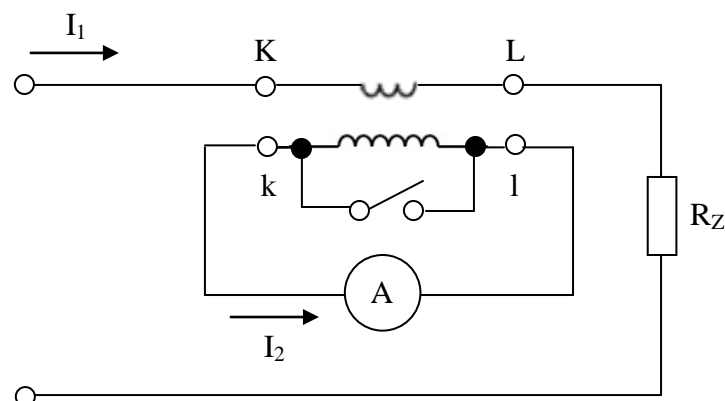
$$I = \frac{133,33 * 10^3}{234} = 570 A$$

Takto vysoké proudy lze měřit buď klešťovým ampérmetrem, nebo měřícím transformátorem proudu.

3.5.1 Měřící transformátor proudu (MTP)

Zařízení, které za účelem měření transformuje vstupní proud na hodnotu sekundárního proudu typicky 5 A, je kompatibilní s proudovým vstupem digitálních přístrojů. Skládá se z primárního a sekundárního vinutí. Sekundární vinutí má větší počet závitů. Vstupní svorky jsou značeny jako K, L; výstupní k, l viz obr. 3.3. Na sekundární vinutí MTP se sériově připojují jednotlivé přístroje. Provedení může být násuvné, prstencové, tyčové, podpěrné a laboratorní.

Převod $p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$. Pro větší proudy je tedy úprava proudu pro ampérmetr $I_2 = I_1 * p$ [21].



Obr. 3.3: Zapojení přístrojového transformátoru proudu [21]

4. Návrh modernizace a optimalizace technologií ve zkušebně společnosti AIR POWER s. r. o.

Cílem je navrhnout řešení zautomatizování měření požadovaných dat tak, aby změřená data byla zaznamenávána v PC, automaticky vyhodnocena a aby z měření byl vytvořen přehled hodnot, který bude předán zákazníkovi. Tím se ušetří část práce měřící technika a časový interval kdy naměřené hodnoty přepisuje do PC. Společnost tak v konečném důsledku ušetří čas a tím peníze.

Za tímto účelem bude navrženo několik variant měřících přístrojů propojených s PC a také metodika pracovního postupu, přenesení dat na PC, jejich vyhodnocení a další zpracování.

4.1 Modernizace technologie

Z návrhu modernizace používané metodiky popsané v kapitole 3.5 a průzkumu nabídky na trhu bylo vybráno několik vhodných technických řešení, popsaných v následujících kapitolách.

4.1.1 Stolní multimetr UNIT-T UT804

Stolní multimetr značky UNIT-T umožňuje měřit potřebné veličiny s vyšší přesností než momentálně používaný měřicí přístroj UNIT-T UT71A viz tabulka 4.2 a zároveň umožňuje připojení k PC pomocí USB nebo COM rozhraní. K přístroji je dodáván software UT804 Interface viz obr. 4.2 a 4.3. Software zaznamenává měřená data do tabulky dle nastaveného měřicího intervalu a vytváří přehledný graf naměřených hodnot. Výslednou tabulku s naměřenými daty je možné exportovat do programu MS Excel nebo do textového souboru, graf je možné uložit jako obrázek ve formátu bmp. Měření je možné provádět v reálném čase nebo změřené hodnoty uložit do paměti multimetru a později je po připojení k PC hromadně načíst do softwaru.



Obr. 4.1: UNIT-T 804, převzato z [13]

Tab. 4.1: Vlastnosti přístroje UNIT-T 804 [13]

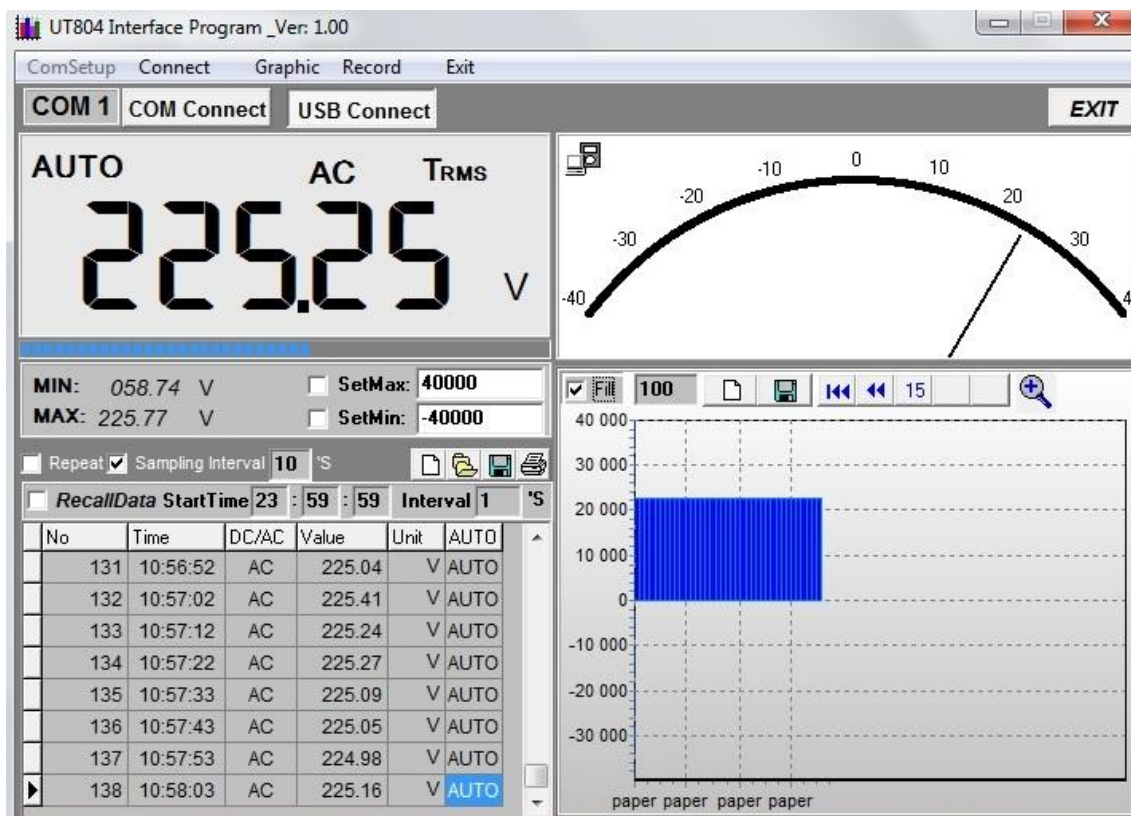
Pojistka 10A	REL hodnota
Rozsah: Auto / manuální	Data Hold
Měření AC / DC napětí a proudu	RS323C
Funkce Set Up	USB připojení
Data Logging	Icon displej
Data Recall	Sleep mód
Test diod	Indikátor baterie
Akustický test	Podsvětlení displeje dvojitě
True RMS	Max. displej 39999 (128 x 28mm)
Měření špičkové	Bargraf

Tab. 4.2: Technické specifikace UNIT-T 804 [13]

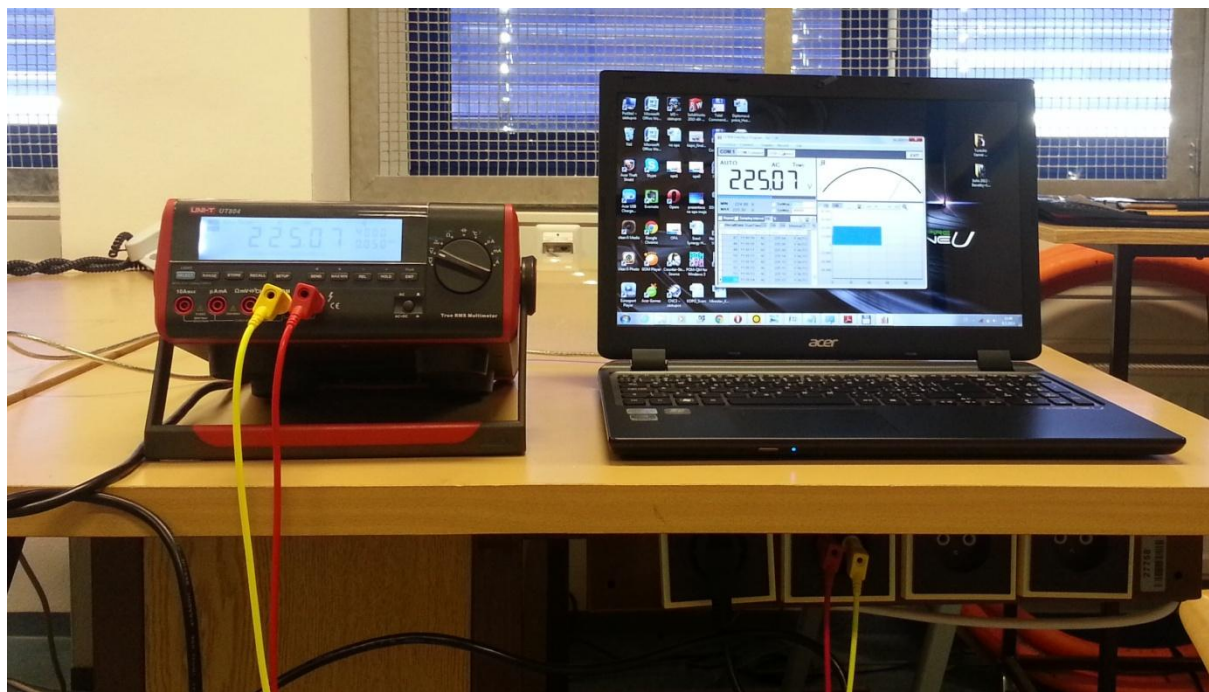
Funkce	Rozsah	Přesnost
Napětí AC	600mV/6V/60V/600V/1000V	± 0,4% + 30
	4V/40V/400V/1000V	
Napětí DC	600mV/6V/60V/600V/1000V	± 0,025% + 5
	4V/40V/400V/1000V	
Proud AC	600μA/6000μA/60mA/600mA/10A	± 0,7% + 15
	400μA/4000μA/40mA/400mA/10A	
Odpor	600Ω/6kΩ/60kΩ/600kΩ/6MΩ/60MΩ	±0,3% + 40
	400Ω/4kΩ/40kΩ/400kΩ/4MΩ/40MΩ	
Frekvence	6kHz/60kHz/600kHz/6MHz/60MHz	±0,01% + 8)
	40Hz/400Hz/4kHz/40kHz/400kHz	
	4Mhz/40MHz/400MHz	

Zkušenosti s měřicím přístrojem:

Zkušební měření a zaznamenávání dat pomocí softwaru bylo ověřeno, že multimetr UT-804 splňuje parametry nutné pro změření a zaznamenání měřených veličin. Výhodou tohoto přístroje je nízká pořizovací cena 5400 Kč. Celková kvalita provedení přístroje může však být pro denní opakované nasazení problémem. Jeden exemplář přístroje je používán na univerzitě ZČU, kde se po roce občasného používání přístroje na měření odporu projevil problém se spolehlivostí přístroje. Nízká pořizovací cena přístroje může být vykoupena jeho krátkou dobou životnosti.



Obr. 4.2: Software přístroje UT804



Obr. 4.3: Propojení PC a Fluke 289

4.1.2 Fluke 289

Ruční digitální multimetr Fluke 289 s grafickým displejem umožňuje měření všech požadovaných hodnot pro testování mobilních generátorů. Výhodou tohoto přístroje je velký, přehledný grafický displej $\frac{1}{4}$ VGA, který umožňuje zakreslit naměřené hodnoty do jednoduchého grafu, což usnadňuje odhalení anomálií. Výhodou je také nízkoprahový filtr zpřesňující měření napětí a frekvence motorů s regulovanými otáčkami. Výhodou tohoto přístroje je kvalitní zpracování a doživotní záruka, které opodstatňují vyšší pořizovací cenu 18500 Kč vč. DPH. Přístroj umožňuje připojení k PC pomocí USB konektoru, přístroj je možné zakoupit v sadě se softwarovou aplikací Flukeview Forms viz obr. 4.4 a 4.5 [14].

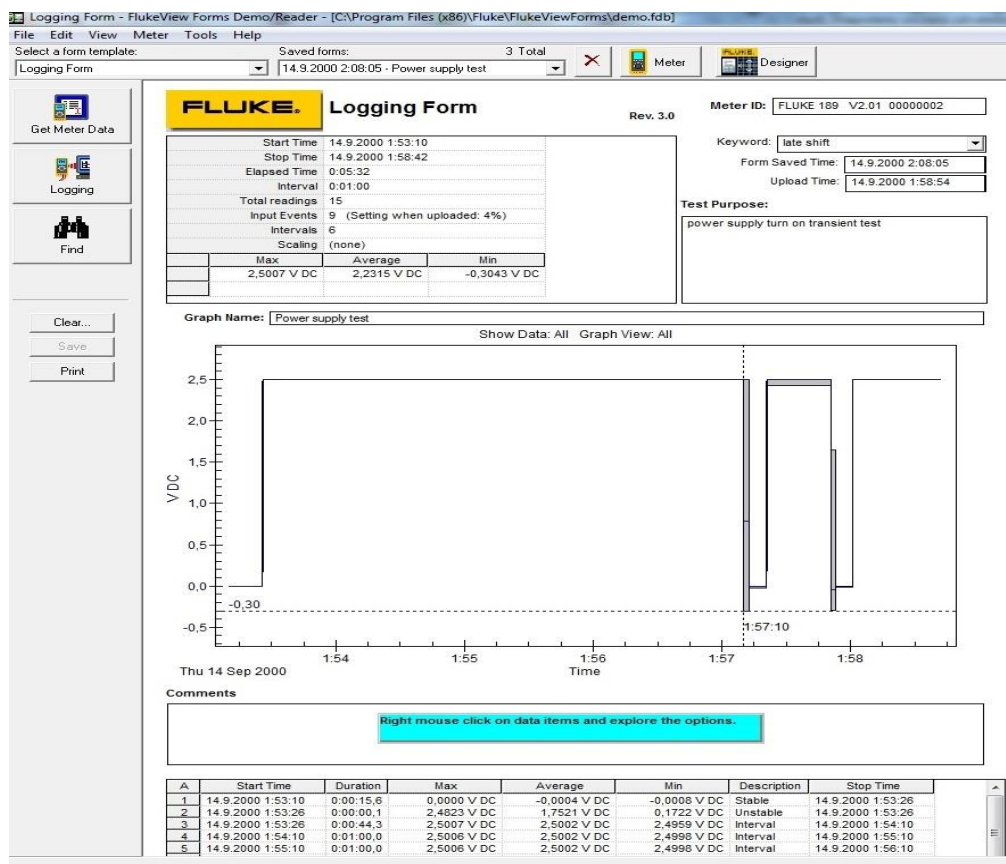


Obr. 4.4: Fluke 289, převzato z [14]

Tab.: 4.3 Technické specifikace Fluke 289

Specifikace		
Funkce	Rozsah	Přesnost
Napětí AC	50mV/500mV/5V/50V/500/1000V	± 0,4 %
Napětí DC	600mV/6V/60V/600V/1000V	± 0,025 %
Proud AC	600μA/6000μA/60mA/600mA/10A	± 0,7 %
Odpor	500Ω/5kΩ/50kΩ/500kΩ/5MΩ/50MΩ	±0,05 %
	50MΩ/500MΩ	
Frekvence	99.99Hz/999.99Hz/9.99kHz/99.99kHz	±0,005% + 1
	999.99kHz	

Software FlukeView Forms umožňuje dokumentaci, ukládání a analýzu jednotlivých měření nebo velkého počtu měření. Software je velmi uživatelsky přívětivý a umožňuje přehledné nastavení intervalů měření, výpočet střední hodnoty, tvorbu grafů a hodnocení výsledků měření. Import dat do programu MS Excel je softwarem podporován [14].



Obr. 4.5: Software FlukeView Forms

4.1.3 Měření proudu

Oba předešlé multimetry umožňují měřit střídavé proudy pouze do 10 A, což jak je uvedeno v bodě 3.2 není pro toto měření dostatečné. Pro měření proudu je tedy nutno využít měřicího transformátoru proudu nebo klešťového ampérmetru s připojením k PC a příslušným softwarem.

4.1.3.1 Násuvný měřicí transformátor proudu D364 3x500/5A tř. 1

Jedná se o třířázový násuvný transformátor proudu, viz obr. 4.6, který přetransformuje vstupní proud na hodnotu sekundárního proudu 5A. Montáž se provádí nasunutím na měřicí kabely, může být tedy umístěn na kabelech trvale.



Obr. 4.6: Trojfázový násuvný MTP D364, převzato z [15]

Tab. 4.4: Technické specifikace MTP D634 [15]

Jmenovitý primární proud	3x600 A
Jmenovitý sekundární proud	5 A
Jmenovitý výkon	5 VA
Provozní frekvence	50/60 Hz
Třída přesnosti	1
Provedení	Násuvné
Rozměry otvoru	Ø 36 mm
Vnější rozměry	185 x 84 x 41 mm
Hmotnost	670 g

4.1.3.2 Klešťový multimetr UNIT-T UT231

Druhou možností je pro měření proudů použít klešťový multimetr UNIT-T UT231 zobrazený na obrázku 4.7, který lze pomocí portu USB propojit s PC a je dodáván včetně softwaru.



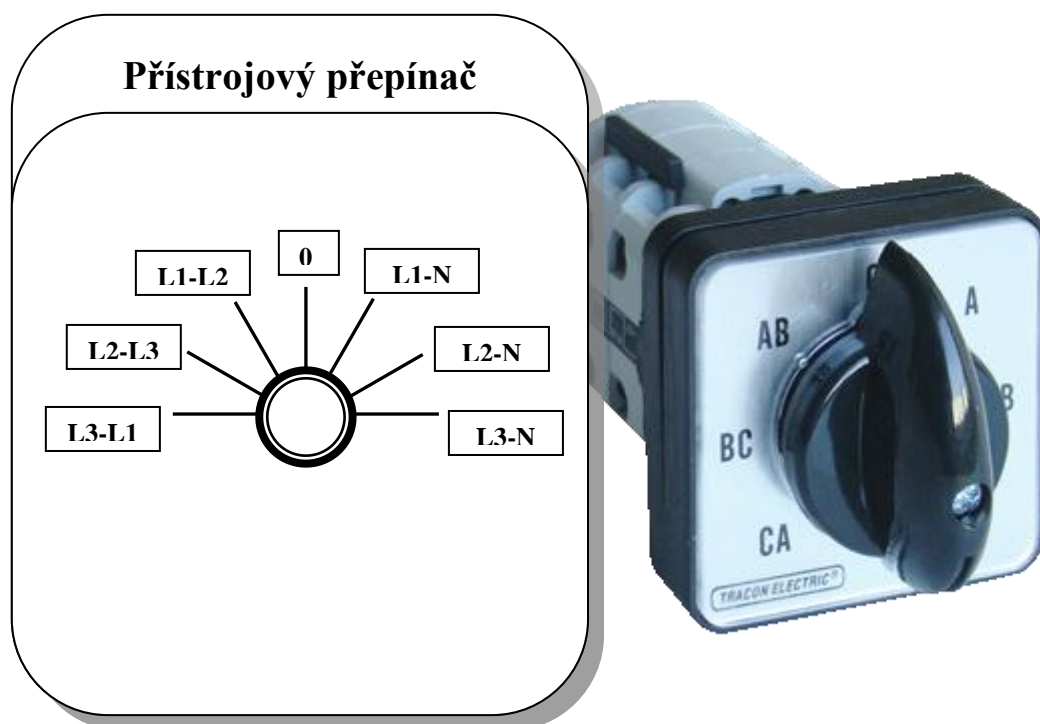
Obr. 4.7: UNI-T UT231, převzato z [16]

Tab. 4.5: Přesnost přístroje pro měření požadovaných veličiny [16]

Funkce	Rozsah	Přesnost
Proud AC	40/100/400/1000 A	2% + 5
Frekvence	20 - 500 Hz	-
Napětí AC	15/100/300/600 V	1,2% + 5

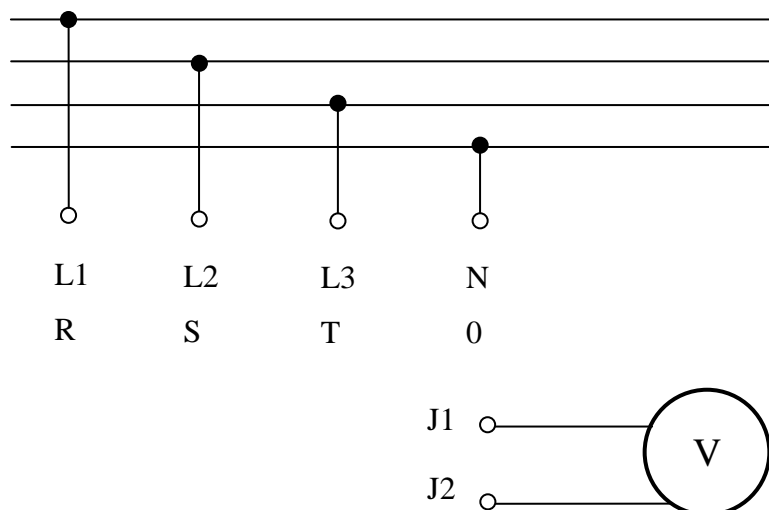
4.2 Varianty zapojení měřicích přístrojů

Měření probíhá na třífázovém systému, je tedy možno měřit postupně každou fází zvlášť nebo použít tři přístroje a měřit tak najednou na všech 3 fázích. Další možností je použití vačkových přístrojových přepínačů viz obr. 4.8, které umožňují měření ve třífázovém systému s jedním zapojeným měřicím přístrojem [17].



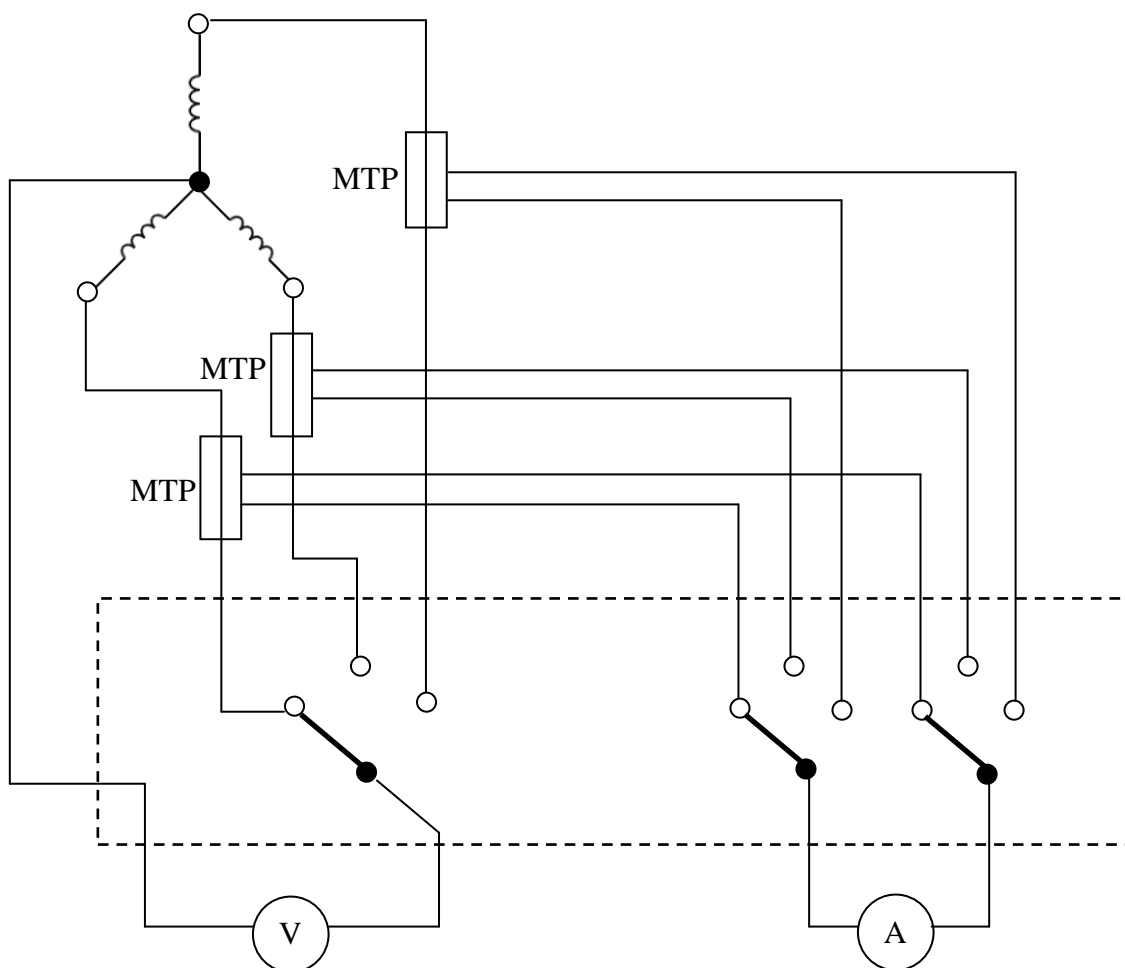
Obr. 4.8: Přístrojový přepínač

Schéma zapojení voltmetrového přepínače je uvedeno na obrázku 4.9.



Obr. 4.9: Zapojení voltmetrového přepínače

Jedna z možných variant je zapojení s dvěma multimetry použitými jako voltmetr a ampérmetr, měřícím transformátorem popisovaným v kapitole 4.3.1 a vačkovými přístrojovými přepínači.



Obr. 4.10: Zapojení s voltmetrem a ampérmetrem pomocí MTP a přístrojového přepínače

4.3 Průmyslový systém Fluke CNX 3000

Jedná se o komplexní systém pro bezdrátové měření, který umožňuje provádět primární měření na multimetru a současně zobrazovat hodnoty ze vzdálených proudových a napěťových modulů. Systém umožňuje připojit tři bezdrátové proudové moduly CX i300 iFlex AC k požadovaným bodům měření a prohlížet výsledky všech tří fází ve vzdálenosti až 20 metrů daleko na bezdrátovém multimetru CNX. Po připojení bezdrátového napěťového modulu CNX v3000 AC lze současně sledovat napětí i proud. Naměřené hodnoty není nutno ručně zapisovat, protože vzdálené moduly CNX pomocí PC adaptéru zaznamenávají až 65 000 sad odečtů minimální/maximální/střední hodnoty s časovým údajem. Výhodou

bezdrátových měřících přístrojů je také zvýšená bezpečnost práce, jelikož umožňují zobrazení výsledků měření na jiném místě než v bodě měření [18].



Obr. 4.11: Jednotlivé bezdrátové moduly systému Fluke CNX 3000, převzato z [18]

Systém se skládá z následujících prvků:

- Bezdrátový multimetr CNX 3000
- Bezdrátový proudový modul CNX i3000 iFlex AC
- Bezdrátový napěťový modul CNX v3000 AC
- PC adaptér CNX pc3000 a software

4.3.1 Bezdrátový multimetr CNX 3000

Multimetr CNX 3000 umožňuje na jedné obrazovce v reálném čase dálkově sledovat hodnoty z více modulů současně. Zobrazuje měření měřícího přístroje, plus měření až ze 3 bezdrátových modulů ve vzdálenosti až 20 metrů.



Obr. 4.12: Multimetr CNX 3000, převzato z [18]

Tento přístroj nabízí:

- Měření střídavého a stejnosměrného napětí až do 1 000 V
- Měření střídavého a stejnosměrného proudu s rozlišením 0,01 mA
- Měření spojitosti odporu, kapacity, frekvence a testování diod
- Záznam dat MIN/MAX
- CAT III 1 000 V, CAT IV 600 V; IP54

Tab. 4.6: Technické specifikace AC [18]

Rozsah	Rozlišení	Přesnost (50 Hz)
600,0 mV	0,1 mV	1,0 % + 3
6.000 V	0,001 V	
60,00 V	0,01 V	
600,0 V	0,1 V	
1000 V	1 V	

Tab. 4.7: Technické specifikace pro měření frekvence [18]

Frekvence

Rozsah	Rozlišení	Přesnost
99,99 Hz	0,01 Hz	0,1 % + 1

4.3.2 Bezdrátový proudový modul Fluke CNX i3000 iFlex AC

Jedná se o měřič proudu true-RMS, který naměřené hodnoty bezdrátově předává do multimetru CNX 3000, případně přes bezdrátový USB adaptér do PC. Lze využít 3 modulů pro měření na 3 - fázových systémech. Modul lze také použít jako samostatný měřicí přístroj, nebo v kombinaci s dalšími moduly jako systém pro několik měření.



Obr. 4.13: Bezdrátový proudový modul CNX i3000, převzato z [18]

Vlastnosti přístroje:

- Měření střídavého proudu true-RMS až do 2500 A
- Přesnost 3%
- Záznam až 65 000 měření
- Podsvícený displej
- CAT IV 600 V, CAT III 1000V

Tab. 4.8: Měřicí přesnost přístroje [18]

Specifikace

Rozsah	2500 A AC
Rozlišení	0,1 A
Přesnost	3 % + 5

4.3.3 Bezdrátový napěťový modul CNX v3000 AC

Voltmetr true-RMS , který předává naměřené hodnoty střídavého napětí bezdrátově do multimetru CNX, případně do PC.



Obr.: 4.14 Bezdrátový napěťový modul CNX v3000, převzato z [18]

Vlastnosti přístroje:

- Měření střídavého napětí true-RMS až do 1000 V
- Přesnost 1 % do 500 Hz, přesnost 2 % do 1 kHz
- Záznam až 65 000 měření
- Podsvícený LCD displej
- CAT IV 600 V, CAT III 1000 V; IP42

Tab. 4.9: Specifikace přístroje pro měření střídavého napětí [18]

Střídavé napětí

Rozsah	Rozlišení	Přesnost (50 Hz)
6.000 V	0,001 V	1,0 % + 3
60,00 V	0,01 V	
600,0 V	0,1 V	
1000 V	1 V	

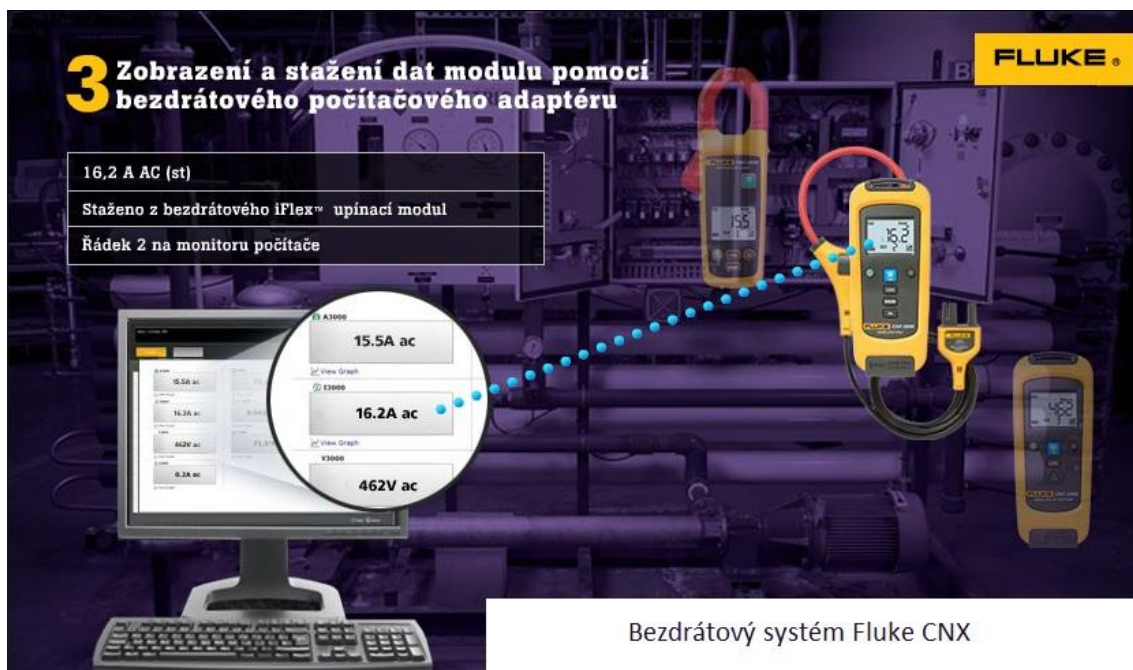
4.3.4 Počítačový adaptér Fluke CNX pc3000 a software

Bezdrátový USB adaptér Fluke CNX pc3000 spolu se softwarem umožňují sběr dat z měření až z 10 vzdálených měřících modulů současně a to v reálném čase. Výsledky přenášejí do počítače, pro jejich vyhodnocení. Zaznamenat je možné až 65 000 sad odečtů minimální /maximální/střední hodnoty s označením času, tyto data lze vykreslit do grafů. Software kromě stahování zaznamenaných dat umožňuje přizpůsobovat parametry a nastavení modulů CNX včetně úprav názvů modulů, intervalů měření a délky záznamu dat. Software umožňuje import dat ve formátu .csv do programu MS Excel [18].



Obr. 4.15: USB modul CNX pc300, převzato z [18]

Příklad bezdrátové komunikace softwaru a jednotlivých měřících modulů je uveden na obrázku 4.15



Obr. 4.16: Propojení modulů s PC, převzato z [18]

4.4 Zhodnocení navrhovaných variant

Navržené přístroje budou hodnoceny dle přínosů, které po zavedení do procesu testování přinesou. Hodnoceny jsou z hlediska úspory času testování a tím i nákladů společnosti, vlivu na bezpečnost práce omezením pohybu technika u otevřené svorkovnice tak dle dosahované přesnosti měření. Dalšími parametry hodnocení jsou výše pořizovacích nákladů, kvalita provedení přístroje pro denní náročné použití, hodnocení možností a komfortu obsluhy dodávaného softwaru a mírou náročnosti implementace ve zkušební společnosti AIR POWER.

Součástí vyhodnocení je také porovnání pořizovacích cen přístrojů. Do nákladů na přístroje UNIT-T UT804 a Fluke 289 je zahrnuta cena třífázového násuvného transformátoru proudu a cena přístrojového přepínače.

Tab. 4.10: Pořizovací náklady jednotlivých přístrojů

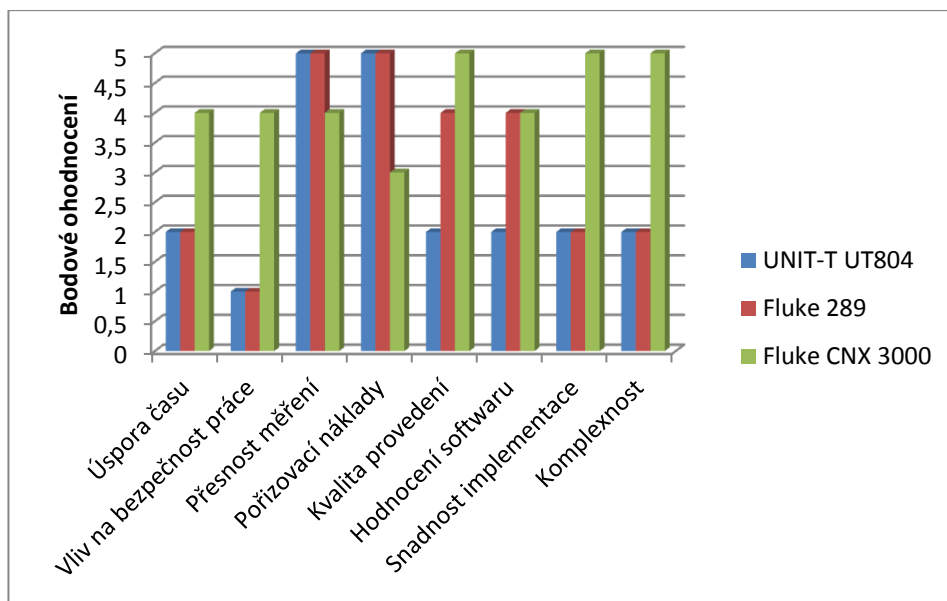
Pořizovací náklady	
UNIT-T UT804	5 461 Kč
Fluke 289	20 653 Kč
Fluke CNX 3000	23 194 Kč

Hodnocení je vypracováno formou přidělení bodů, maximální přínos přístroje do procesu testování generátorů je ohodnocen 5 body, minimální přínos 1 bodem.

Tab. 4.11: Bodové ohodnocení přínosů přístroje

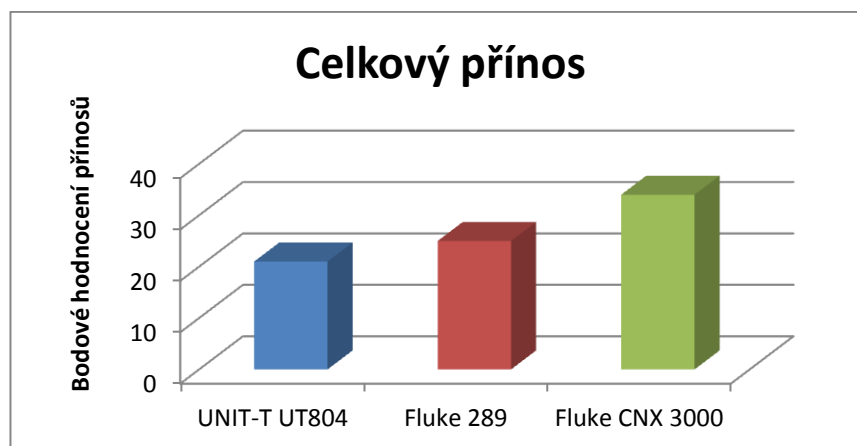
Výběr optimální varianty			
	UNIT-T UT804	Fluke 289	Fluke CNX 3000
Úspora času	2	2	4
Vliv na bezpečnost práce	1	1	4
Přesnost měření	5	5	4
Pořizovací náklady	5	5	3
Kvalita provedení	2	4	5
Hodnocení softwaru	2	4	4
Snadnost implementace	2	2	5
Komplexnost	2	2	5
Celkem bodů	21	25	34

Dle rozboru přínosů jednotlivých navržených řešení je neoptimálnější variantou pro nasazení ve zkušebně společnosti AIR POWER systém Fluke CNX 3000, který kombinuje nejvyšší časovou úsporu při měření, vysoký vliv na bezpečnost práce, jednoduchou implementaci a kvalitní software s přijatelnými pořizovacími náklady.



Graf. 4.1 Zhodnocení přínosů přístrojů do procesu testování (popis osy)

Celkový přínos jednotlivých přístrojů je porovnán a graficky znázorněn v grafu 4.10.

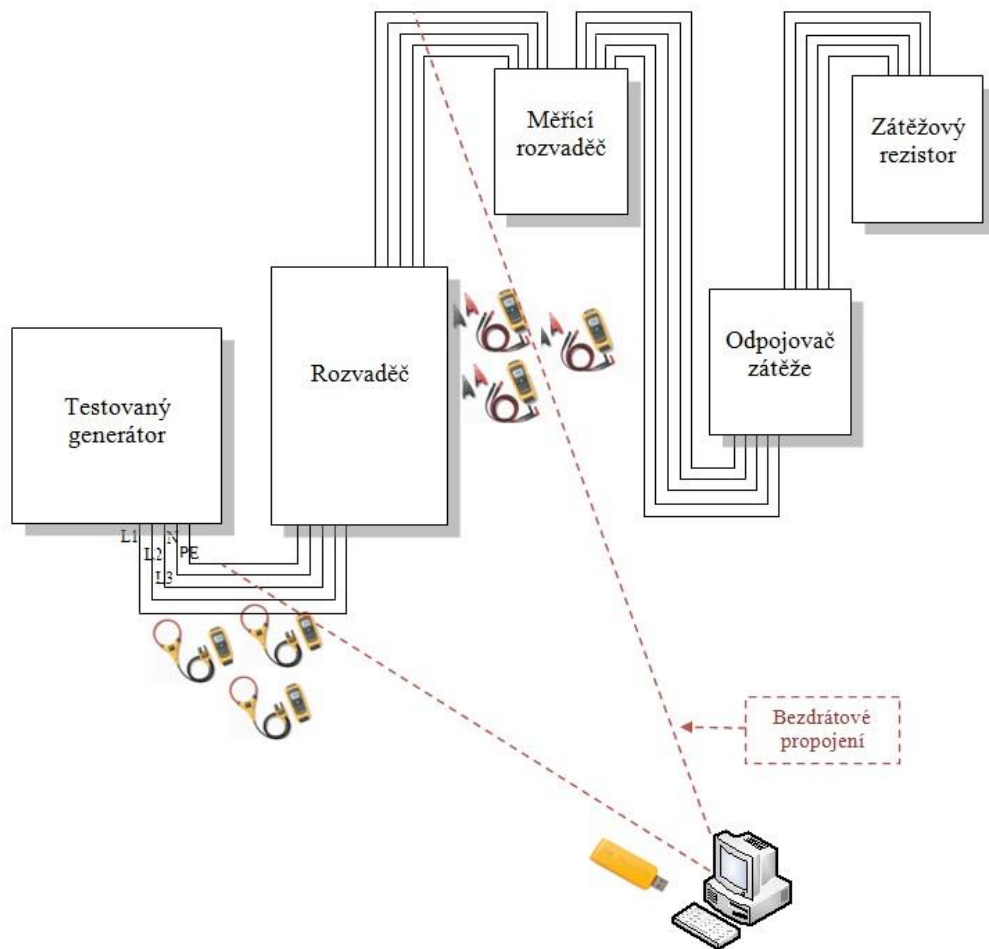


Graf. 4.2 Zhodnocení přínosů přístrojů do procesu testování

4.5 Implementace Fluke CNX 3000 ve společnosti AIR POWER

Implementace systému Fluke CNX 3000 ve zkušebně nevyžaduje úpravy zapojení ani složité postupy. Tři bezdrátová proudová čidla se pomocí ohebných proudových sond iFlex i2500-10 trvale připevní k měřicím kabelům. Napěťová čidla je doporučeno připevnit

k měřícím kabelům v rozvaděči tak, aby je nebylo nutné odpojovat. Počítač se softwarem SW3000 umístit co nejbližší měřícímu technikovi a minimalizovat tak prostoje zaměstnance. Software nastavit na měření 5 hodnot v časovém intervalu 2 minut a vyhodnocení střední hodnoty. Naměřená data importovat do programu MS office a pomocí tabulky s podmíněným formátováním zhodnotit zda jsou jednotlivé hodnoty v požadovaném rozsahu.



Obr.: 4.17 Návrh zapojení systému Fluke CNX 3000

Návrh postupu práce měřicího technika při testu po nasazení systému:

1. Spustit software pc3000
2. Pomocí napěťového čidla zaznamenat a uložit hodnoty napětí generované trimmerem a potenciometrem
3. Spustit přednastavenou měřicí sekvenci napětí a proudu
4. Bezdrátovým multimetrem změřit výstupní frekvenci
5. Zatížit generátor na 50 % výkonu
6. Spustit přednastavenou měřicí sekvenci napětí a proudu
7. Přípravy k testu druhého stroje
8. Bezdrátovým multimetrem změřit výstupní frekvenci
9. Zatížit generátor na 100 % výkonu
10. Spustit přednastavenou měřicí sekvenci napětí a proudu
11. Práce na druhém stroji
12. Bezdrátovým multimetrem změřit výstupní frekvenci
13. Skokově zatížit generátor na 80 % výkonu
14. Po 15 vteřinách spustit přednastavenou měřicí sekvenci napětí a proudu
15. Práce na druhém stroji
16. Bezdrátovým multimetrem změřit výstupní frekvenci
17. Vypočtené střední hodnoty dat naměřených z bezdrátových modulů a voltmetru importovat do programu MS Excel
18. Zkontrolovat výsledky testů pomocí přednastaveného podmíněného formátování – hodnoty pohybující se v mezích požadovaných zákazníkem pro přehlednost podbarvit zeleně, nevyhovující hodnoty červeně.
19. Uložení souboru ve formátu xls na centrálním serveru pro archivaci dat

4.6 Přínosy nasazení systému Fluke CNX 3000

System Fluke CNX 3000 přináší zvýšení efektivity průběhu měření, snížení nákladovosti, zvýšení přesnosti výsledků měření a zvýšení bezpečnosti práce. Čímž splňuje požadavky společnosti AIR POWER. Kromě těchto hlavních přínosů přináší i další.

Přínosy systému Fluke CNX 3000 pro proces testování:

- Zpřesnění výsledků měření
- Zvýšení bezpečnosti práce
- Zrychlení měřicího postupu
- Možnost práce na 2 strojích současně
- Zvýšený komfort obsluhy
- Odstranění vlivu možné lidské chyby při přepisu dat
- Snížení prostojů měřicího technika
- Snížení nákladů (na palivo, pracovníka, energie)

5. Ekonomické zhodnocení

Ekonomické vyhodnocení bude vypracováno v několika rovinách. Ne všechny přínosy je možné přímo ekonomicky vyhodnotit. Z výsledků rozborů a srovnání jednotlivých navržených variant měřících přístrojů, byl jako nejvhodnější varianta navržen systém Fluke CNX 3000, který přináší společnosti největší přínos viz graf 4.2. Proto se bude ekonomické zhodnocení vztahovat k systému Fluke 3000.

5.1 Přímé úspory nákladů

Hlavní přínos nasazení systému Fluke CNX 3000 do procesu testování, spočívá v časové úspoře. V současné době je celková doba výkonového testu generátoru 40 minut. Měření jedné sady dat U, I, f trvá 2 minuty, zapsání údajů do předtištěného formuláře trvá přibližně minutu. Měří se 3 sady dat plus napětí generované trimmerem a potenciometrem. Doba vlastního měření dat je 11 minut, doba vyhodnocení naměřených dat je následně 8 minut, celková doba testování tak činí 19 minut. Po zavedení navrhovaného systému se tato doba zkrátí přibližně o 8 minut a to zrychlením procesu měření a přímým přenosem dat do PC. Tato doba byla odhadnuta ve spolupráci s pracovníky zkušebny i managementem firmy Air Power.

Časová úspora se projeví v několika následujících faktorech, kterými se budu zabývat v následujících kapitolách 5.1.1 až 5.2.

5.1.1 Úspora přímých nákladů na pracovníka

Úspora vznikne časovou optimalizací testování. Společnost AIR POWER má kalkulovanou hodinovou sazbu 462,- Kč na zaměstnance. Sazba je složena z následujících položek: [11]

- Vlastní mzda pracovníka
- Daňové odvody

- Zajištění bezpečnosti práce
- Stravování
- Školení
- Ochranné pomůcky
- Ruční nářadí

V následující tabulce číslo 5.1 je uveden výpočet přímé úspory na pracovníka za rok.

Tab. 5.1: Výpočet přímé ekonomické úspory na pracovníka za rok

sazba/ hod	sazba/ min	denně testů	úspora času/den	úspora Kč/den	pracovních dní	pracovních hodin	úspora/ rok
462,00 Kč	7,70Kč	3	24 min	184,80 Kč	210	1680	38 808 Kč

Díky zkrácení časového intervalu testování a jeho vyhodnocení lze dosáhnout úspory 38 808 Kč z nákladů na 1 pracovníka za rok.

5.1.2 Úspory energií

Sazba za zkušebnu činí dle interních údajů společnosti Air Power 1 150,- Kč za hodinu provozu po odečtení fixních nákladů. Tato částka zahrnuje zejména: [11]

- Spotřebu elektrické energie
- Náklady na vytápění
- Náklady na vzduchotechniku (odsavače výfukových plynů)
- Ostatní energie

Vzhledem ke zkrácení času potřebného k testování generátorů dojde ke snížení nákladů na provoz haly, vypočtených v tabulce 5.2.

Tab. 5.2: Výpočet úspory energií za rok

sazba /hod	sazba/ min	denně testů	úspora času	úspora Kč/den	pracovních dní	pracovních hodin	úspora/ rok
1 150,00 Kč	19,17 Kč	3	24 min	460,00 Kč	210	1680	96 600 Kč

Dle výpočtu minuté sazby za provoz zkušebny vynásobenou časovou úsporou bude dosaženo celkové roční finanční úspory ve výši 96 600 Kč.

5.1.3 Úspory pohonných hmot

Čas samotného průběhu měření a zapisování hodnot do předtištěného formuláře se nasazením nového systému zkrátí o 5 minut. O tento čas lze zkrátit běh generátoru, čímž se sníží náklady na palivo do generátorů. Přestože se časový interval nejeví jako výrazný, po výpočtu spotřeby generátoru vynásobené cenou nafty krát počet testovaných strojů dojde k úspoře nákladů 14 756 Kč za rok 2013 a úspora nákladů bude vzrůstat, až k částce 30 363 Kč v roce 2017 viz tabulka č. 5.4. Cena nafty je počítána 28 Kč/litr. Tabulka 5.3 uvádí plán výroby generátorů v letech 2013-2017, nutný pro výpočet úspory paliva v následujících letech [11].

Tab. 5.3: Počet vyráběných strojů dle plánu výroby generátoru v letech 2013-2017 [11]

Plán výroby generátorů 2013-2017					
Typ generátoru	2013	2014	2015	2016	2017
G20	58	44	49	53	56
G30	20	36	41	43	45
G40	55	62	67	73	77
G60	49	83	90	97	100
G80	13	25	28	31	32
G150	41	46	51	56	59
G200	27	30	35	38	39
G250	19	23	25	30	31

Typ generátoru	2013	2014	2015	2016	2017
G300	0	12	15	18	20
G400	0	7	9	11	12
G500	6	15	19	23	24
Celkem	344	453	506	556	582

Počty generátorů vyráběných v jednotlivých letech dle plánu výroby se použijí pro výpočet úspor nákladů na pohonné hmoty v letech 2013-2017.

Tab. 5.4: Výpočet úspory nákladů na naftu

Výpočet úspory nákladů na palivo						
Typ generátoru	Spotřeba při 75% zatížení [l/h]	2013	2014	2015	2016	2017
G20	4,9	663 Kč	503 Kč	560 Kč	606 Kč	640 Kč
G30	6,5	303 Kč	546 Kč	622 Kč	652 Kč	683 Kč
G40	10,5	1 348 Kč	1 519 Kč	1 642 Kč	1 789 Kč	1 887 Kč
G60	11,7	1 338 Kč	2 266 Kč	2 457 Kč	2 648 Kč	2 730 Kč
G80	14,9	452 Kč	869 Kč	973 Kč	1 078 Kč	1 113 Kč
G100	17,6	2 300 Kč	2 875 Kč	3 162 Kč	3 409 Kč	3 573 Kč
G150	29	2 774 Kč	3 113 Kč	3 451 Kč	3 789 Kč	3 992 Kč
G200	36,3	2 287 Kč	2 541 Kč	2 965 Kč	3 219 Kč	3 303 Kč
G250	49,4	2 190 Kč	2 651 Kč	2 882 Kč	3 458 Kč	3 573 Kč
G300	56,5	0 Kč	1 582 Kč	1 978 Kč	2 373 Kč	2 637 Kč
G400	65,2	0 Kč	1 065 Kč	1 369 Kč	1 673 Kč	1 826 Kč
G500	78,7	1 102 Kč	2 755 Kč	3 489 Kč	4 224 Kč	4 407 Kč
Celkem Kč		14 756 Kč	22 284 Kč	25 549 Kč	28 917 Kč	30 363 Kč

5.2 Nepřímé úspory nákladů

Změna průběhu testování umožní:

- Snížení nároků na kvalifikaci pracovníka
- Zvýšení bezpečnosti práce – zkrácení pobytu v rizikovém prostředí (hluk, nebezpečí úrazu vysokým proudem)

Dle managementu společnosti lze tyto finanční úspory odhadnout ve výši 4% z nákladů na pracovníka viz tabulka 5.5.

Tab. 5.5: Výpočet nepřímé úspory nákladů

Výpočet úspory nákladů využitím efektů dle 1.2			
Náklady na pracovníka	Počet hodin v roce	Roční náklady	Úspora nákladů 4%
462 Kč	1680	776 160 Kč	31 046 Kč

5.3 Náklady na zavedení navrhovaného systému

Průmyslový systém Fluke CNX se prodává v sadě CNX 3000 IND, tato sada obsahuje následující vybavení:

- Bezdrátový multimetr Fluke CNX 3000
- Bezdrátový napěťový modul Fluke CNX v3000 AC
- Tři bezdrátové proudové moduly Fluke CNX i3000 iFlex AC
- Tři flexibilní proudové sondy iFlex i2500-10
- Bezdrátový PC adaptér Fluke CNX pc3000 a software
- Měřicí kabely TL224
- Měřicí kabely TL175
- Krokosvorky AC175
- Krokosvorky AC285
- Čtyři magnetické popruhy pro zavěšení

Pro měření napětí na všech 3 fázích najednou je nutné přikoupit dvě další napěťové moduly v3000. Další náklady spočívají v zakoupení PC, zaškolení pracovníka a ověření nového systému. Celkový výpočet nákladů na zavedení systému Fluke CNX 3000 je uveden v tabulce 5.6.

Tab. 5.6: Výpočet nákladů na zavedení systému Fluke CNX 3000

Druh nákladů	Cena Kč
Bezdrátový průmyslový systém Fluke 3000	23 194 Kč
2 napěťová čidla v3000	7 172 Kč
PC s OS Windows	12 125 Kč
Školení pracovníka	4 620 Kč
Ověření nového systému	1 848 Kč
Celkem	48 960 Kč

Náklady na školení pracovníka byly vypočteny jako 10 hodin krát hodinová sazba pracovníka. Ověřování nového systému spočívá v současném provádění testování původní metodou a navrhovanou metodou a srovnáním naměřených dat. Odhadovaný potřebný čas byl po konzultaci s vedoucím zkušebny stanoven na 8 minut práce zaměstnance navíc v každém měření po dobu 10 pracovních dní.

5.4 Ekonomické přínosy, které nejsou přímo měřitelné

Dále uvedené přínosy nejsou přímo finančně ohodnotitelné, ale přinášejí podniku příznivý efekt a upevnění pozice na trhu.

- Zvýšení důvěryhodnosti testování u odběratele i konečných zákazníků (nebude již možné měření ovlivnit ručními zásahy nebo lidskou chybou v průběhu přepisování dat)
- Zvýšení image výrobků společnosti AIR POWER s. r. o.
- Upevnění obchodního postavení společnosti AIR POWER na trhu výrobců generátorů
- Podpora a reálné šance pro navýšení prodeje při vhodné presentaci systému testování generátorů marketingem zákazníka (využití navrženého systému řešení testování k propagaci)

5.5 Celkové ekonomické vyhodnocení

V tabulce 5.7 jsou vypočteny náklady na testování mobilních generátorů za roky 2013 až 2017 dle plánu výroby při testování současným systémem.

Tab. 5.7: Vypočtená suma nákladů v letech 2013 - 2017 při původním systému testování

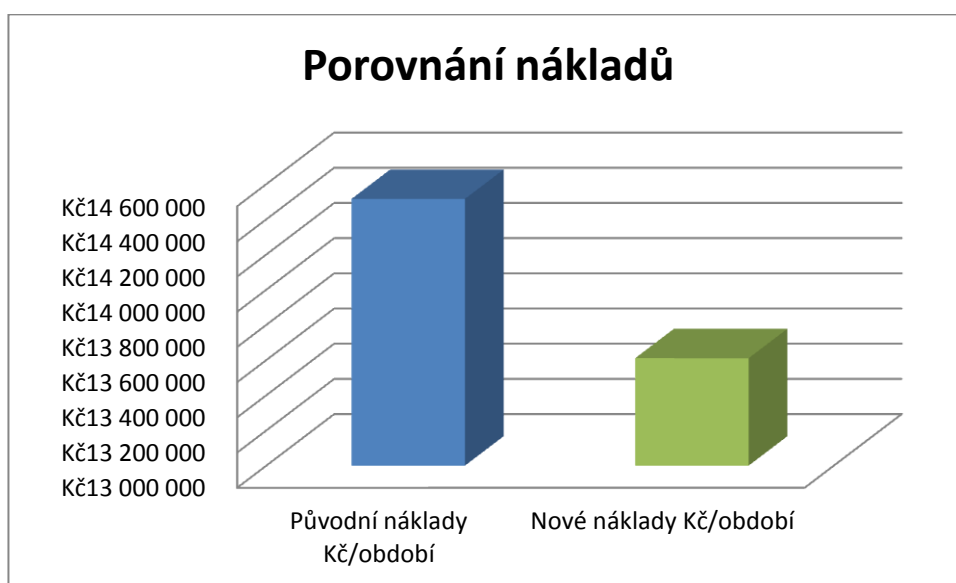
Náklady 2013-2017	Kč
Pohonné hmoty	974 956 Kč
Personál	3 880 800 Kč
Zkušebna	9 660 000 Kč
Celkem	14 515 756 Kč

V následující tabulce 5.8 jsou spočteny náklady na testování mobilních generátorů do roku 2017 při nasazení systému Fluke CNX 3000. Do nákladů je promítnuta pořizovací cena systému, náklady spojené s jeho implementací a úspory vyčíslené v kapitolách výše. Životnost zařízení je počítána na dobu 5 let, po této době bude zařízení fyzicky nebo morálně zastaralé.

Tab. 5.8: Vypočtená suma nákladů v letech 2013 - 2017 po zavedení navrhovaného systému

Náklady	Kč
Fluke CNX 3000	48 960 Kč
Pohonné hmoty	853 087 Kč
Personál	3 531 528 Kč
Zkušebna	9 177 000 Kč
Celkem	13 610 575 Kč

Porovnání celkových nákladů při původním systému testování a po nasazení systému Fluke CNX 3000 je znázorněno v grafu 5.1.



Graf. 5.1: Porovnání starých vs nových nákladů

Z rozdílu celkové výše nákladů uvedených v tabulce 5.9 je zřejmé, že do roku 2017 lze po nasazení systému Fluke CNX 3000 dosáhnout finanční úspory až 905 785 Kč což představuje 6,24 % z celkových nákladů.

Tab. 5.9: Výpočet celkové ekonomické úspory 2013-2017

Původní náklady Kč/období	Nové náklady Kč/období	Úspora nákladů Kč/období	%
14 515 756 Kč	13 610 575 Kč	905 182 Kč	6,24%

Z výše uvedených rozborů vyplývají poměrně vysoké ekonomické úspory. Kromě finančních úspor ale systém přináší efekty zvýšení bezpečnosti práce, komfort obsluhy, zvýšenou přesnost měření, dále ukazuje cestu lepší prezentace výrobků AIR POWER, zejména posílení důvěry zákazníků k parametrům stroje. Je nutné konstatovat, že se jedná o nízkou finanční investici, která přináší množství pozitivních efektů, což managementu usnadní rozhodnutí o co nejrychlejší realizaci.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo provést optimalizaci pracovních postupů při testování mobilních generátorů a navrhnout modernizaci technologií ve zkušebně společnosti AIR POWER s.r.o. za účelem zvýšení efektivity průběhu měření, zvýšení bezpečnosti práce, snížení nákladů a zpřesnění výsledků měření. Výše uvedené konkrétní zadání vzniklo po komunikaci s vedením firmy AIR POWER.

V úvodní kapitole je obsažen přehled záložních zdrojů elektrické energie a popis jednotlivých komponentů dieselgenerátoru.

Další kapitola obsahuje seznámení s testováním mobilních dieselgenerátorů ve společnosti AIR POWER a přehled vyráběných typů generátorů. Dále zkoumá používané technologické vybavení a popisuje testovací metodiku ve zkušebně společnosti. Po prostudování testovací metodiky a provedení její analýzy jsou identifikovány ty části zkušebních operací, které jsou vhodné pro zefektivnění a to s využitím nových modernějších technologií vhodně spojených s počítačovou technikou.

Čtvrtá část práce navrhuje možné varianty řešení modernizace technologií. Jako nejoptimálnější měřicí systém byl vybrán průmyslový systém pro bezdrátové měření Fluke CNX 3000, byla popsána jeho implementace ve zkušebně společnosti AIR POWER a identifikovány přínosy nasazení tohoto systému. Fluke CNX 3000 umožňuje bezdrátové měření pomocí jednotlivých modulů a po propojení s PC automatické vyhodnocení naměřených hodnot. Navrhované řešení Fluke CNX 3000 bylo konzultováno s managementem, majiteli společnosti i vedoucím zkušebny společnosti AIR POWER. Firma zařadila projekt modernizace zkušebního zařízení do plánu investic na letošní rok a pro jeho realizaci využije zkušenosti získané při řešení této diplomové práce.

Závěrečná část práce obsahuje výpočet ekonomických úspor vzniklých nasazením systému včetně vyčíslení nákladů na implementaci systému Fluke CNX 3000. Porovnává náklady při zachování původní metodiky testování a nové náklady po nasazení navrženého systému.

Použitá literatura:

- [1] ŽÁČEK, Jaroslav. Zdroje nepřerušovaného napájení – UPS. [online]. [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33481
- [2] Princeton univerzity: uninterruptible power supply. [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Uninterruptible_power_supply.html
- [3] Power-tech: napájecí systémy topologie ups. [online]. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://www.power-tech.cz/napajeci-systemy-topologie-ups.php>
- [4] Elektrotrh: záložní zdroje UPS. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.elektrotrh.cz/elektricke-a-zalozni-zdroje-energie/zalozni-zdroje-ups>
- [5] Systemonline: záložní zdroje energie. [online]. [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/zalozni-zdroje-energie.htm>
- [6] Dieselserviceandsupply: how generators work. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: http://www.dieselserviceandsupply.com/How_Generators_Work.aspx
- [7] SKLENÁŘ, J. UPS zdroje pro systémy střídavého zajištěného napájení: Rozdělení UPS zdrojů z hlediska jejich konstrukce a provedení: Trutnov: H.V.K.L. Propag team, 1997.
- [8] P-Z: zabezpečené napájení elektrickou energií. [online]. [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.p-z.cz/cs/site/phoenix-zeppelin/pz-tiskove-centrum/pz-odkazy/zajimave-odkazy-odborne_texty/pz-zabezpecene-napajeni.htm

- [9] MENTLÍK, Václav, Josef PIHERA, Radek POLANSKÝ, Pavel PROSR a Pavel TRNKA. Diagnostika elektrických zařízení. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 439 s. ISBN 978-80-7300-232-9.
- [10] ElektriKa: dimenzování a konfigurace dieselgenerátoru. [online]. [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/data/clanky/dimenzovani-a-konfigurace-dieselgeneratoru/view>
- [11] Interní materiály společnosti AIR POWER s.r.o.
- [12] UNIT-T UT71A: návod k obsluze. [online]. [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/722/722-365/czn.722-365.1.pdf>
- [13] UNIT-T: UT804 dokumentace. [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/digitalni-multimetry-stolni/stolni-digitalni-multimetr-uni-t-ut804-p722-337/#dokumentace>
- [14] Fluke: multimetr Fluke 289 dokumentace. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.fluke.com/fluke/czcs/Digit%C3%A1ln%C3%AD-multimetry/Fluke-289.htm?PID=56061>
- [15] Voltmetr: měřicí transformátory proudu. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.voltmetr.cz/meridla/merici-transformatory-proudu/nasuvne-transformatory-proudu/merici-transformator-proudu-d364-3x6005a-tr-1.html>
- [16] UNIT-T: klešťový multimetr UT231 dokumentace. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/klestove-merici-pristroje/multimetr-klestovy-uni-t-ut231-p722-307/#dokumentace>
- [17] Eatonelektrotechnika: přístrojové přepínače. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/priruckazapojeni/rotary013.html#wp1023951>

- [18] Fluke: průmyslový systém Fluke CNX 3000. [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.fluke.com/fluke/czcs/bezdratove-merici-pristroje/multimeter-kits/Fluke-CNX-3000-Industrial-System.htm?PID=75018>
- [19] Wikipedia: diesel generator. [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_generator
- [20] VESELKA, František. UPS – nepřetržitá dodávka elektrické energie s asynchronním kroužkovým generátorem. [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34764
- [21] Měření proudu. FURKA, David. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: elm-fur.wz.cz/VOS_mereni_proudu_tisk.ppt
- [22] Mastech MS2102. [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/produkty/merte-i-stejnsmerny-proud-s-klestovym-multimetrem-ms2102.html>

Přílohy

Příloha A – Datasheet Fluke CNX 3000

FLUKE®

Měřicí přístroje Fluke řady CNX 3000

Bezdrátový tým Fluke

Technické údaje

Nový tým přístrojů Fluke pro řešení problémů s bezdrátovým připojením umožňuje na jedné obrazovce v reálném čase dálkově sledovat hodnoty z více modulů současně. Tato přizpůsobitelná sada odolných, spolehlivých a kvalitních nástrojů, jak je u přístrojů Fluke obvyklé, změní způsob vaší práce.

Bezdrátový multimetr zobrazuje údaje až ze tří bezdrátových modulů, navíc dokáže sám měřit až na vzdálenost 20 metrů. Pokud použijete notebook, můžete sledovat až deset měření současně.



Řada Fluke CNX 3000

- digitální multimetr
- napěťový modul AC
- modul proudových kleští AC true-RMS
- modul proudových kleští AC iFlex true-RMS
- teplotní modul typu K
- počítačový adaptér

Produktivita

- Provádějte více měření současně, ušetříte peníze i čas.
- Vyhledávejte občasné události nebo zaznamenávejte kolísání signálu na dálku pomocí funkce záznamu dat v modulech.
- Pracujte s menším počtem přerušení – zaznamenejte před stažením více relací. Data jsou do počítače uložena ve formátu CSV (soubor s hodnotami oddělenými čárkami), aby je bylo možné pohodlně prohlížet.
- Zachycujte odečty v různých intervalech – uživatelky lze nastavit intervaly záznamu od jedné sekundy do jedné hodiny.
- Vyberte moduly, které nejlépe vyhovují konkrétnímu použití.

Pohodlí

- Již nemusíte obcházet jednotlivé přístroje. Na jedné obrazovce můžete z jednoho místa současně sledovat až čtyři měření (DMM a 3 moduly).

- Už žádné zapisování dat. Využijte možnost záznamu a zachyťte až 65 000 sad odečtů min./max./průměr v rámci jedné nebo více relací záznamu dat. Každý odečet i relace jsou opatřeny časovým razítkem.
- Vyhněte se nepříjemným nebo nepohodlným polohám měření. Měření stačí nastavit jednou, potom jen stačí odečítat data kolikrát chcete a kdy chcete.
- Identifikujte až 10 umístěných modulů pomocí měřicího přístroje nebo počítače a vyberte jen ty, které právě potřebujete.
- Sledujte v počítači až 10 odečtů v reálném čase současně, získáte tak úplný přehled o situaci.
- Podsvícený displej umožňuje snadný odečet hodnot v tmavých nebo slabě osvětlených prostorách.
- Zvolte automatické nebo manuální nastavení rozsahů.
- Volitelný magnetický závěs TPak vám při práci uvolní ruce.
- Integrované pouzdro chrání měřicí přístroje, držáky sond pomohou vhodně uspořádat příslušenství.

Bezpečnost

- Bezpečnost zvyšuje odečet dat z jiného místa, než kde se nachází bod měření.
- Přístroj Fluke CNX splňuje kategorii měření 1 000 V CAT III a kategorii IV 600 V bezpečnostních standardů: proudové kleště AC 600 V CAT III; napěťový modul AC a klešťové přístroje iFlex 600 V CAT IV / 1 000 V CAT II

Specifikace

Bezdrátový multimetr Fluke CNX řady 3000

Podrobné specifikace

Pro všechny specifikace: přesnost se určuje s platností jednoho roku po kalibraci a platí pro provozní teplotu v rozsahu 18 °C až 28 °C při relativní vlhkosti 0 % až 90 %. Specifikace přesnosti jsou uvedeny ve tvaru ± [% odečtu] + [počet nejméně významných číslic].

Střídavé napětí

Rozsah ¹	Rozlišení	Přesnost ^{2,3}	
		45 Hz až 500 Hz	500 Hz až 1 kHz
600,0 mV	0,1 mV	1,0 % + 3	2,0 % + 3
6,000 V	0,001 V		
60,00 V	0,01 V		
600,0 V	0,1 V		
1 000 V	1 V		

¹ Veškeré hodnoty napětí AC (st) jsou specifikovány v rozsahu od 1 % do 100 %.

² Činitel amplitudy ≤3 při plné stupnici do 500 V, lineární pokles na činitel amplitudy <1,5 při 1 000 V.

³ U jiných než sinusových křivek přidejte - (2 % odečtu + 2 % celé stupnice) typicky, pro činitel amplitudy do 3.

Stejnosměrné napětí, spjitost, odpor, test diod a kapacita

Funkce	Rozsah	Rozlišení	Přesnost
mV	600,0 mV	0,1 mV	0,09 % + 2
V	6,000 V	0,001 V	0,09 % + 2
	60,00 V	0,01 V	
	600,0 V	0,1 V	
	1 000 V	1 V	
Ω	600 Ω	1 Ω	Měřicí přístroj vydá zvukový signál při <25 Ω, detekci přerušení nebo zkratů 250 μs nebo delších
	600,0 Ω	0,1 Ω	0,5 % + 2
Ω	6,000 kΩ	0,001 kΩ	0,5 % + 1
	60,00 kΩ	0,01 kΩ	
	600,0 kΩ	0,1 kΩ	
	600,0 kΩ	0,001 MΩ	
	50,00 MΩ	0,01 MΩ	
	50,00 MΩ	0,01 MΩ	
Test diod	2,000 V	0,001 V	1 % + 2
μF	1 000 nF	1 nF	1,2 % + 2
	10,00 μF	0,01 μF	
	100,0 μF	0,1 μF	
	9 999 μF ¹	1 μF	

¹ V rozsahu 9 999 μF pro měření do 1 000 μF, přesnost měření je 1,2 % + 2.

AC (st) a DC (ss) proud

Funkce	Rozsah ¹	Rozlišení	Přesnost
mA AC (45 Hz až 1 kHz)	60,00 mA	0,01 mA	1,5 % + 3
	400,0 mA ³	0,1 mA	
mA DC (ss) ²	60,00 mA	0,01 mA	0,5 % + 3
	400,0 mA	0,1 mA	

¹ Veškeré hodnoty proudu AC (st) jsou specifikovány v rozsahu od 5 % do 100 %.

² Vstupní zátěžové napětí (typické): 400 mA vstup 2 mV/mA.

³ Přesnost 400,0 mA nastavena do přetížení 600 mA.



Frekvence

Rozsah	Rozlišení	Přesnost ⁽¹⁾
99,99 Hz	0,01 Hz	0,1 % + 1
999,9 Hz	0,1 Hz	
9,999 kHz	0,001 kHz	
99,99 kHz	0,01 kHz	

¹ Frekvence je nastavena do 99,99 kHz u napětí a do 10 kHz u proudu.

Parametry vstupu

Funkce	Ochrana před přetížením	Vstupní impedance (nominální)	Poměr potlačení souhlasného rušení (1 k Ω nevyvážených)	Neúspěšnost normálního režimu
$\overline{\sim}$	1 100 V rms	> 10 M Ω < 100 pF	> 120 dB ss, 50 Hz nebo 60 Hz	> 60 dB při 50 Hz nebo 60 Hz
\sim	1 100 V rms	> 10 M Ω < 100 pF	> 60 dB ss, do 60 Hz	
\sim mV	1 100 V rms	> 10 M Ω < 100 pF	> 120 dB ss, 50 Hz nebo 60 Hz	> 60 dB při 50 Hz nebo 60 Hz
Testovací napětí rozpojeného obvodu			Napětí na celé stupnici	
			Do 6 M Ω	50 M Ω
Ω/\rightarrow	1 100 V rms	< 2,7 V DC (ss)	< 0,7 V DC (ss)	< 0,9 V DC (ss)
\rightarrow/\rightarrow	1 100 V rms	< 2,7 V DC (ss)	2,000 V DC (ss)	
Typický proud nakrátko				
				< 350 mA
				< 1,1 mA

Funkce	Ochrana před přetížením	Přetížení
mA	Jistěno, 44/100 A, 1 000 V RYCHLÁ pojistka	Přetížení max. 600 mA po dobu 2 minut, následná prodleva min. 10 minut

Záznam dat MIN/MAX

Funkce	Přesnost
DC (ss) funkce	Stanovená přesnost funkce měření \pm 12 míst pro změny trvající > 350 ms.
AC (st) funkce	Stanovená přesnost funkce měření \pm 40 míst pro změny trvající > 900 ms.

Obecné specifikace

Maximální napětí mezi jakoukoli koncovkou a uzemněním	1 000 V DC (ss) nebo AC (st) RMS
Ω vstupy A chráněny pojistkou	0,44 A (44/100 A, 440 mA), 1 000 V RYCHLÁ pojistka, pouze díl uvedený společností Fluke
Displej (LCD)	Rychlost aktualizace: 4/s Volty, ampéry, ohmy: 6 000 míst Frekvence: 10 000 míst Kapacita: 1 000 míst
Typ baterie	Tři alkalické baterie AA, NEDA 15A IEC LR6
Výdrž baterií	min. 300 h
Bezdrátová komunikace	2,4 GHz v pásmu ISM
Dosah bezdrátové komunikace	20 metrů
Teplota	Provoz: -10 °C až +50 °C Skladování: -40 °C až 60 °C
Teplotní koeficient	0,1 X (specifikace přesnosti / °C (< 18 °C nebo > 28 °C))
Relativní vlhkost	0 % až 90 % (0 °C až 35 °C), 0 % až 75 % (35 °C až 40 °C), 0 % až 45 % (40 °C až 50 °C)
Nadmořská výška	Provoz: 2 000 m Skladování: 12 000 m
Elektromagnetická kompatibilita EMI, RFI, EMC, RF	EN 61326-1:2006, EN 61326-2-2:2006, ETSI EN 300 328 V1.7.1:2006, ETSI EN 300 489 V1.8.1:2008, FCC část 15 podčást C oddíl 15.207, 15.209, 15.249, FCCID: T68-FWCS IC:6627A-FWCS
Splňuje bezpečnostní požadavky	US ANSI: ANSI/ISA 61010-1 / (82.02.01): 3. vydání CSA: CAN/CSA-C22.2 č. 61010-1-12: 3. vydání CE (Evropa): IEC/EN 61010-1:2010
Atesty	CSA, FCC, CE
Kategorie ochrany krytím (IP)	IP54
Rozměry (V x Š x D)	4,75 cm x 9,3 cm x 20,7 cm
Hmotnost	340 g

3 Fluke Corporation Měřicí přístroje Fluke řady CNX 3000. Bezdrátový tým Fluke.

Napěťový modul AC řady Fluke CNX 3000

Přesnost se určuje ve tvaru \pm ([% odečtů] + [počet nejméně významných číslic]). Všechny rozsahy se nastavují automaticky. Přesnost se určuje od 5 % do 100 % rozsahu získaného automaticky, od 18 °C do 28 °C.

Střídavé napětí

Rozsah ¹	Rozlišení	Přesnost ^{2,3}	
		45 Hz až 500 Hz	500 Hz až 1 kHz
6,000 V	0,001 V	1,0 % + 3	2,0 % + 3
60,00 V	0,01 V		
600,0 V	0,1 V		
1 000 V	1 V		

¹ Veškeré hodnoty napětí AC (st) jsou specifikovány v rozsahu od 1 % do 100 %.

² Číselná amplituda ≤ 3 při plné stupnici do 500 V, lineární pokles na číselná amplituda ≤ 1.5 při 1 000 V.

³ U jiných než sinusových křivek přidejte $- (2 \% \text{ odečtu} + 2 \% \text{ celé stupnice})$ typicky, pro číselná amplitudy do 3.

Obecné specifikace

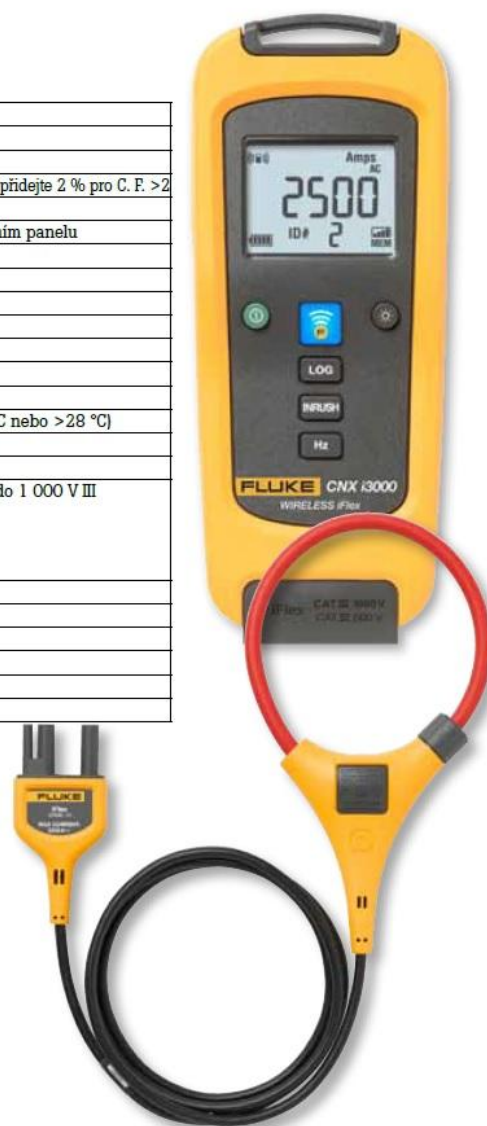
LCD s podsvícením	3½ číslic, 6 000 míst, 4 aktualizace/s
Typ baterie	2 AA, NEDA 15 A, IEC LR6
Výdrž baterií	400 hodin
Paměť	Záznam až 65 000 měření
Bezdrátová komunikace	2,4 GHz v pásmu ISM
Dosah bezdrátové komunikace	20 metrů
Provozní teplota	-10 °C až +50 °C
Teplota pro skladování	-40 °C až +60 °C
Teplotní koeficient	0,1 X (specifikace přesnosti) / °C (<18 °C nebo >28 °C)
Provozní vlhkost	90 % při 35 °C, 45 % při 40 °C, 45 % při 50 °C
EMC	EN61326-1:2006
Splňuje bezpečnostní požadavky	EN/IEC 61010-1:2010 Kategorie měření (CAT) do 1 000 V III Kategorie měření 600 V (CAT) IV EN/IEC 61010-2-030:2010 EN/IEC 61010-031:2002+A1:2008
Bezpečnostní kategorie	CAT IV 600 V, CAT III 1 000 V
Atesty	CSA, FCC T68-FWCS IC:6627A-FWCS
Kategorie ochrany krytím (IP)	IP42
Rozměry (V x Š x H)	16,5 cm x 6,35 cm x 1,4 cm
Hmotnost	22 kg



Řada Fluke CNX 3000 Modul proudových kleští AC iFlex true-RMS

Obecné specifikace

Rozsah	0,5 A až 2 500 A (st)
Rozlišení	0,1 A
Přesnost	3 % ± 5 číslic
Činitel amplitudy (50 Hz / 60 Hz)	3,0 při 1 100 A, 2,5 při 1 400 A, 1,42 při 2 500 A, přidejte 2 % pro C. F. > 2
LCD s podsvícením	3½ číslic
Rychlost/interval záznamů	Min. 1 s / nastavitelné v počítači nebo na předním panelu
Typ baterie	2 AA, NEDA 15 A, IEC LR6
Výdrž baterií	400 hodin
Paměť	Záznam až 65 000 měření
Bezdrátová komunikace	2,4 GHz v pásmu ISM
Dosah bezdrátové komunikace	20 metrů
Provozní teplota	-10 °C až +50 °C
Teplota pro skladování	-40 °C až +60 °C
Teplotní koeficient	Přidejte 0,1 X (specifikace přesnosti / °C (<18 °C nebo >28 °C))
Provozní vlhkost	90 % při 35 °C, 75 % při 40 °C, 45 % při 50 °C
EMC	EN61326-1:2006
Splňuje bezpečnostní požadavky	EN/IEC 61010-1:2010 Kategorie měření (CAT) do 1 000 V III Kategorii měření 600 V (CAT) IV EN/IEC 61010-2-030:2010 EN/IEC 610101-2-031:2002 EN/IEC 61010-2-032:2002
Bezpečnostní kategorie	CAT IV 600 V, CAT III 1 000 V
Atesty	CSA, FCC T68-FWCS IC:6627A-FWCS
Kategorie ochrany krytím (IP)	IP42
Rozevření čelistí	Cívka 25,4 cm (10")
Rozměry (V x Š x H)	16,8 cm x 6,35 cm x 1,4 cm
Hmotnost	22 kg



Příloha B – Generátory vyráběné společnostmi AIR POWER



Specifications

Models	G20	G30	G40	G60	
PERFORMANCE					
Prime power (kVA)	20	31	38	61	
Standby power (kVA)	22	31	41	65	
Frequency (Hz)	50	50	50	50	
Voltages, single phase / 3 phases (V)	230/400	230/400	230/400	230/400	
Maximum sound power level (LwA)	94	94	96	92	
Alternator	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer	
Alternator excitation type	AREP	AREP	AREP	AREP	
Insulation Class	H	H	H	H	
Control Panel	Analog	Analog	Analog	Analog	
ENGINE					
Make	Mitsubishi	Mitsubishi	Mitsubishi	John Deere	
Model	S4QZ361	S4SZ2DT61	S4SZ3DT61	4045TF270	
Prime power engine (kW)	20.3	29	36	55	
Number of cylinders	4	4	4	4	
Electrical system (V)	12	12	12	12	
Speed regulation accuracy (Steady State)	+ / - 2.5%	+ / - 2.5%	+ / - 2.5%	+ / - 2.5%	
Fuel tank usable capacity (L)	150	199	413	413	
Fuel consumption @ 75% Load (L/hr)	4.9	6.5	10.5	11.7	
Runtime @ 75% load (hr)	30	30.4	39.3	35.2	
Stage IIIA compliance	1	All powertrains will progressively be modified to meet EU Stage IIIA emission regulation.			
WEIGHTS & DIMENSIONS					
Length (mm)	1862	2165	2471	2471	
Width (mm)	889	1003	1003	1003	
Height (mm)	1382	1448	1750	1750	
Dry weight (kg)	846	1134	1260	1560	
Wet weight (kg)	999	1329	1649	1949	
STANDARD FEATURES					
Double-wall fuel tank	○	○	○	○	
Bunding capacity min.110% fluid	○	○	○	○	
Forklift pockets	2	○	○	○	
Two stage heavy duty air filter	○	○	○	○	
Earth rod & cable	○	○	○	○	
Central lifting point	○	○	○	○	
External emergency stop button	○	○	○	○	
Battery isolator switch	3	○	○	○	
Protective guard against hot spots	○	○	○	○	
Single 80% step load capability	○	○	○	○	
Oil sump pump	○	○	○	○	
4-pole circuit breaker	○	○	○	○	
Automatic start voltage free terminals	○	○	○	○	
Fuel water separator	○	○	○	○	
Rigid bus bar terminal (5 poles)	○	○	○	○	
Voltage adjusting potentiometer	○	○	○	○	
Low level coolant shutdown	x	x	x	x	
Earth leakage protection	Fixed 300 mA	Fixed 300 mA	Fixed 300 mA	Adjustable	
OPTIONS					
Digital control panel	4	■	■	■	
Synchronization panel	5	x	x	x	
Adjustable earth leakage protection	■	■	■	○	
Sockets	6	Δ	Δ	Δ	
3 way fuel valve	Δ	Δ	Δ	Δ	
Super start package (block/jacket heater and battery charger)	Δ	Δ	Δ	Δ	
Refinery kit (spark arrestor option and air shut-off valve)	x	■	■	■	
Electronic governor	x	x	x	x	
Heavy duty impregnation for alternator	■	■	■	■	
Road trailer	■	■	■	■	
Customized colour	■	■	■	■	

○ = Standard x = Not available ■ = Option available Δ = Retrofittable option available

