

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

TESTOVÁNÍ FUNKCE SYNCHRO-CHECK VÝVODOVÉ OCHRANY

TESTING OF SYNCHRO-CHECK FUNCTION OF FEEDER PROTECTION TERMINAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Cekl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

BRNO 2016

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Jakub Cekl

ID: 158111

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Testování funkce synchro-check vývodové ochrany

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Nastavení a testování funkce pro synchronní spínání v síti (synchro-check) testeru elektrických ochran OMICRON 256+.
2. Zpracování manuálu pro testování včetně výstupního protokolu.
3. Příprava praktické aplikace synchro-checku pro fázování laboratorního generátorového soustrojí.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Práce se věnuje testování automatického fázování za pomoci terminálu točivého stroje REM 545 firmy ABB a jeho funkce synchro-check zkušebním přístrojem CMC 256+ firmy OMICRON, kterým jsou simulovány parametry sítě a alternátoru. Nejprve jsou nastíněny základní principy fázování a jejich podmínky. V následujících kapitolách je popsáno vytvoření konfigurace, příprava testovacího přístroje a provedení testu. Závěrem je vytvořen návrh testu v reálném provozu.

KLÍČOVÁ SLOVA

REM 545, terminál točivého stroje, CMC 256+, synchro-check, synchronizer

ABSTRACT

This thesis is oriented on testing of automatic synchronizing with the help of the machine terminal REM 545 by ABB and its synchro-check function by CMC 256+ tester by OMICRON, where network and alternator parameters are simulated. Basic principles of phasing and phasing conditions are briefly mentioned. Creation of configuration, tester preparing and test execution are described in following chapters. Test of real use is suggested at the end.

KEYWORDS

REM 545, machine terminal, CMC 256+, synchro-check, synchronizer

CEKL, Jakub *Testování funkce synchro-check vývodové ochrany*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, 2016. 51 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Testování funkce synchro-check vývodové ochrany“ jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil(a) autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl(a) nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom(a) následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora(-ky)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu Bakalářské práce paní doc. Ing. Jaroslavě Orságové, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

podpis autora(-ky)

OBSAH

1 Synchronizace	9
1.1 Asynchronní fázování	9
1.2 Přesné fázování	9
1.2.1 Fázování na tmou	11
1.2.2 Fázování pomocí synchronoskopu	12
1.2.3 Samočinné fázovací automaty	12
2 Cíle práce	13
3 Terminál točivého stroje REM 545	14
3.1 Funkce Synchro-check	14
4 OMICRON CMC 256+	16
4.1 Synchronizer	17
4.1.1 Test funkčnosti	17
4.1.2 Test kompenzace	18
5 Konfigurace pomocí CAP 505	19
5.1 Relay Configuration Tool	20
5.2 Relay Settings Tool	25
6 Nastavení modulu Synchronizer	27
7 Ověření funkčnosti	32
7.1 Test pomocí zkušebního přístroje	32
7.2 Příprava na test reálného provozu	34
8 Závěr	36
Literatura	37
Seznam symbolů, veličin a zkratk	38
Seznam příloh	39
A Výsledek testu konfigurace	40
B Manuál pro vytvoření funkce a testování	48
C Obsah příloženého CD	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Fázorový diagram - charakter proudového rázu	10
1.2	Interferenční kmitočet fázování [3]	11
1.3	Příklad analogového synchronoskopu	12
3.1	Terminál točivého stroje REM 545	14
4.1	Čelní panel přístroje CMC 256+ s popisem svorek [6]	16
4.2	Příklad rozložení bodů v synchronizačním okně modulu Synchronizer	17
5.1	Základní obrazovka programu CAP 505	19
5.2	Nastavení komunikace terminálu	19
5.3	Stažení konfigurace z terminálu	20
5.4	Stromová struktura konfigurace - Relay Configuration Tool	20
5.5	Insert Logical POU	21
5.6	Parametry pro Task T10	21
5.7	Program pro task T10	22
5.8	Konfigurace analogových kanálů terminálu REM 545	22
5.9	Nastavení frekvenční ochrany pro napěťové vstupy	23
5.10	Ovládací tlačítka v prostředí GRAPHICS	23
5.11	Vložení funkčního bloku synchro-checku	24
5.12	Zapojení signálů na blok synchro-checku	24
5.13	Odeslání konfigurace do terminálu	24
5.14	Nastavení limitních hodnot funkce synchro-check	25
5.15	Nastavení funkce synchro-check	26
5.16	Odeslání nastavení do terminálu točivého stroje	26
6.1	Nastavení proudových výstupů	27
6.2	Nastavení výstupů napětí pro test	27
6.3	Vložení informací o terminálu točivého stroje	28
6.4	Výběr použitých napětí pro test	29
6.5	Prostředí pro nastavení synchronizačního okna	30
6.6	Synchronizační okno	31
7.1	Schéma zapojení pro otestování konfigurace testerem ochran	32
7.2	Náhled na výsledek testu	33
7.3	Zjednodušené schéma zapojení pro test na laboratorním zdroji	35

SEZNAM TABULEK

6.1	Informace o terminálu točivého stroje	28
6.2	Hodnoty pro nastavení synchronizačního okna	30

1 SYNCHRONIZACE

Synchronizací je myšlen paralelní chod zařízení a sítě při jejich vzájemném propojení. Pro výrobu jsou nejvíce využívány synchronní alternátory. Výjimku tvoří výrobní velmi malých výkonů, které mohou využívat asynchronní generátory. Synchronní alternátory mohou pracovat do dvou typů sítí. Prvním z nich napájení vlastní sítě. Alternátor je rozeběhnut poháněcím strojem přibližně na synchronní otáčky. Je zapojeno buzení a doregulováno napětí na svorkách stroje. Alternátor je připojen do sítě, čímž začne být zatěžován. Přívod energie pro pohánění alternátoru se řídí podle zatížení. Druhým možným způsobem jsou alternátory pracující do společné sítě. Společnou sítí je myšlena síť, kterou již napájí jiné zdroje elektrické energie. Zde je nutné zajistit splnění podmínek paralelního chodu před jeho připojením. Mluví se o tzv. fázování.

1.1 Asynchronní fázování

Asynchronní fázování, též zvané samosynchronizace, je postup připojení alternátoru do sítě za doprovodu nárazů jalového proudu. Proto se používá jen v havarijních situacích nebo u zdrojů malých výkonů. Poháněcím strojem se roztočí rotor alternátoru do téměř synchronních otáček, připojí se do sítě a nabudí. Alternátor se následně sám vtáhne do synchronismu pomocí synchronizačního momentu. V okamžiku přinutí do sítě, musí být zkratováno budící vinutí, aby nedošlo ke vzniku nebezpečného napětí na kroužcích alternátoru. V menších soustavách může v blízkosti připojeného alternátoru dojít k poklesu napětí, jako důsledek proudových a momentových rázů.

1.2 Přesné fázování

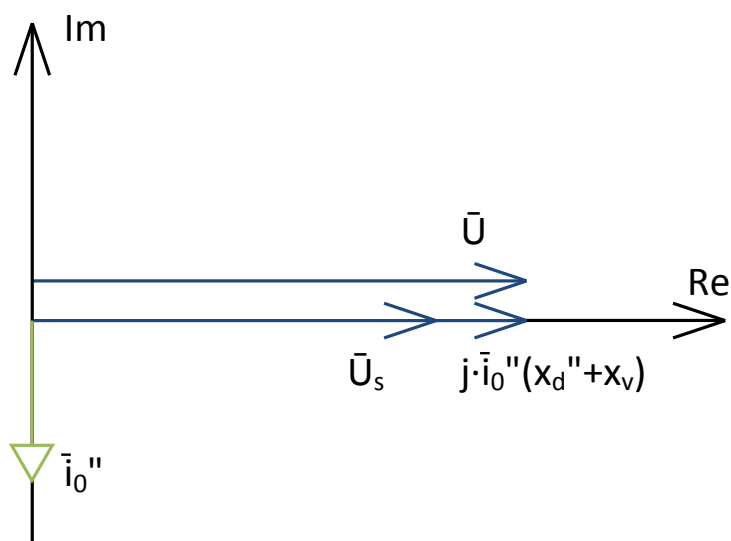
Připojení alternátoru do společné sítě, kdy nedochází k proudovým ani momentovým nárazům, je nazýváno přesné fázování. U tohoto způsobu fázování se musí splnit hned několik podmínek, kterými jsou:

- Stejný sled fází alternátoru a sítě
- Stejná velikost napětí alternátoru a sítě
- Stejně kmitočty napětí alternátoru a sítě
- Nulový fázový posun mezi fázory napětí alternátoru a sítě

Přesné dodržení všech těchto podmínek by však v mnoha případech reálného provozu, znamenalo výrazné prodloužení fázovacího procesu. Z tohoto důvodu jsou povoleny určité odchylky. Tím je sice dovozen vznik proudových a momentových rázů, ty jsou však tak malé, že nemají výrazné negativní účinky.

Stejná fáze napětí, je při připojování alternátoru do sítě, nejdůležitější. Nedodržení této podmínky vzniká částečný zkrat, jehož velikost proudu se rovná rozdílu okamžitých hodnot alternátoru a sítě. Proto je potřebné připojit alternátor do sítě v okamžiku nulového rozdílu napětí a obou prvcích. V nejhorším případě, pokud by byla obě napětí v protifázi, tedy při vzájemném posunutí o úhel π , mohou vzniknout nárazové proudy vysokých hodnot. Ty jsou v nejnepříznivějším případě dvojnásobně větší než zkratové proudy, na které je alternátor dimenzován a mohlo by tedy dojít k jeho poškození. Dovolené odchylky mezi fázemi obou napětí jsou podle [1] do 8 - 12°.

Stejný sled fází má význam zejména během uvádění do provozu jak nových alternátorů, tak alternátorů, které prošly opravou. Následkem rozdílného sledu fází, by v okamžiku připojení, byl vznik těžkého zkratu, jehož silové účinky jsou velmi nebezpečné pro alternátor i hnací stroj. Správnost sledu fází je zjišťována synchronoskopem.



Obr. 1.1: Fázorový diagram - charakter proudového rázu

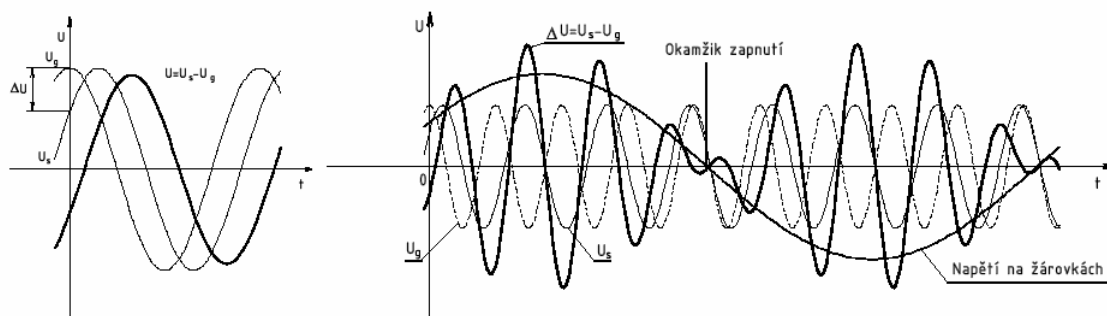
Velikosti napětí alternátoru a sítě také dovolují jisté odchylky. Z fázorového diagramu na Obr. 1.1 lze vyvodit čistě jalový charakter vzniklého proudového nárazu. Při vyšším napětí na straně alternátoru půjde o náraz induktivního zatížení. U vyššího napětí na síti pak půjde o náraz kapacitního zatížení. Praktické fázování dovoluje odchylku napětí až 5 %, v poruchových stavech i 20 %. Vyšší napětí je žádoucí na straně alternátoru, který po připojení k síti začne pracovat jako generátor a ihned dodává jalový výkon do sítě. V opačném případě by začal pracovat jako motor.

Dojde-li k zapnutí alternátoru k síti při nulové odchylce napětí i nulové chybě fáze, avšak při rozdílu kmitočtů, alternátor se nemusí udržet v synchronismu. Při vyšším kmitočtu alternátoru, se bude po připojení na síť otáčet rotor alternátoru, vlivem setrvačnosti, rychleji než rotory ostatních strojů v síti. Roztáčecí soustrojí má pak přebytek kinetické energie. Pokud se rotor alternátoru neotáčí výrazně rychleji, je tento přebytek využit ke zpomalení na synchronní otáčky. Při vyšších rychlostech otáčení, kdy je i kinetická energie větší, dojde ke zpomalení do synchronismu až po několika otáčkách, během kterých točivé momenty působící na alternátor dosahují nebezpečných hodnot. Z tohoto důvodu je povolena odchylka kmitočtu o pouhých 0,1 %.

Pro kontrolu splnění fázovacích podmínek lze využít hned několika způsobů, které jsou popsány v následující podkapitole.

1.2.1 Fázování na tmu

Tento způsob je již zastaralý a dnes používá zejména ve školních laboratořích pro vysvětlení principu fázování. Je též relativně nepřesný, protože závisí na reakci obsluhy. Provedení je však velmi jednoduché. K signalizaci správného okamžiku zapnutí jsou využity žárovky zapojené na stejných fázích alternátoru i sítě. Liší-li se kmitočty alternátoru a sítě málo, rozdíl jejich napětí lze zobrazit periodickou čarou kmitající interferenčním kmitočtem jak je znázorněno na Obr. 1.2. Ten je dán rozdílem kmitočtů alternátoru a sítě. Frekvence sítě je pro žárovku příliš vysoká a ta se tedy nestačí rozsvěcovat a zhasínat. Dokáže však sledovat interferenční kmitočet. Zhasnutí všech žárovek ve stejný okamžik indikuje stejnou okamžitou hodnotu napětí sítě i alternátoru a tedy vhodný okamžik k připojení do sítě bez doprovodu proudového nárazu. Použití tří žárovek pro indikaci správného okamžiku zapnutí není nutné a postačila by pouze jedna. Používají se však z důvodu kontroly správného sledu fází. Místo žárovek lze využít analogových voltmetrů, kde k sepnutí dochází při nulových výchylkách ukazatelů.



Obr. 1.2: Interferenční kmitočet fázování [3]

1.2.2 Fázování pomocí synchronoskopu

Synchronoskop je přístroj, jehož ukazatel se udává vzájemný posuv vektorů napětí. Rychlost otáčení je dána velikostí úhlu mezi stejnými fázemi. Podle směru otáčení lze zjistit, jestli je větší frekvence na straně sítě či alternátoru. Okamžik vhodný pro připojení do sítě je naznačen na stupnici synchronoskopu. Příklad synchronoskopu je vidět na Obr. 1.3.



Obr. 1.3: Příklad analogového synchronoskopu

1.2.3 Samočinné fázovací automaty

Jejich účelem je rychlé, samočinné propojení alternátoru a sítě. Mají jisté zpoždění, proto musí dojít k příkazu připojení na síť s lehkým předstihem, který bývá předem nastaven. Samočinné fázovací automaty, někdy také fázovače, měří a porovnávají všechny důležité veličiny a pomocí vyhodnocovacího programu samy určí vhodný okamžik sepnutí.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vytvoření konfigurace terminálu točivých strojů REM 543 od firmy ABB a otestování funkce synchro-check. Konfigurace bude vytvořena v programu CAP 505 pomocí funkčních bloků a jejich nastavením. Následně bude funkčnost nastavení funkce synchro-check otestována testerem elektrických ochran CMC 256+ od firmy OMICRON a to pomocí pokročilé funkce Synchronizer. Po ověření správné funkčnosti konfigurace bude provedena příprava pro otestování na laboratorním zdroji.

3 TERMINÁL TOČIVÉHO STROJE REM 545

Podle uživatelské příručky [5] se terminály točivých strojů REM 545 od firmy ABB (Obr. 3.1) používají pro chránění, měření, ovládání a monitorování točivých strojů pro výrobu elektrické energie. Funkčnost terminálů je závislá na použité knihovně specifických funkcí. Při použití knihovny, která umožňuje kontrolu synchronního i napěťového stavu (Synchrocheck/Voltagecheck), lze terminál zařadit mezi samočinné fázovací automaty.



Obr. 3.1: Terminál točivého stroje REM 545

3.1 Funkce Synchro-check

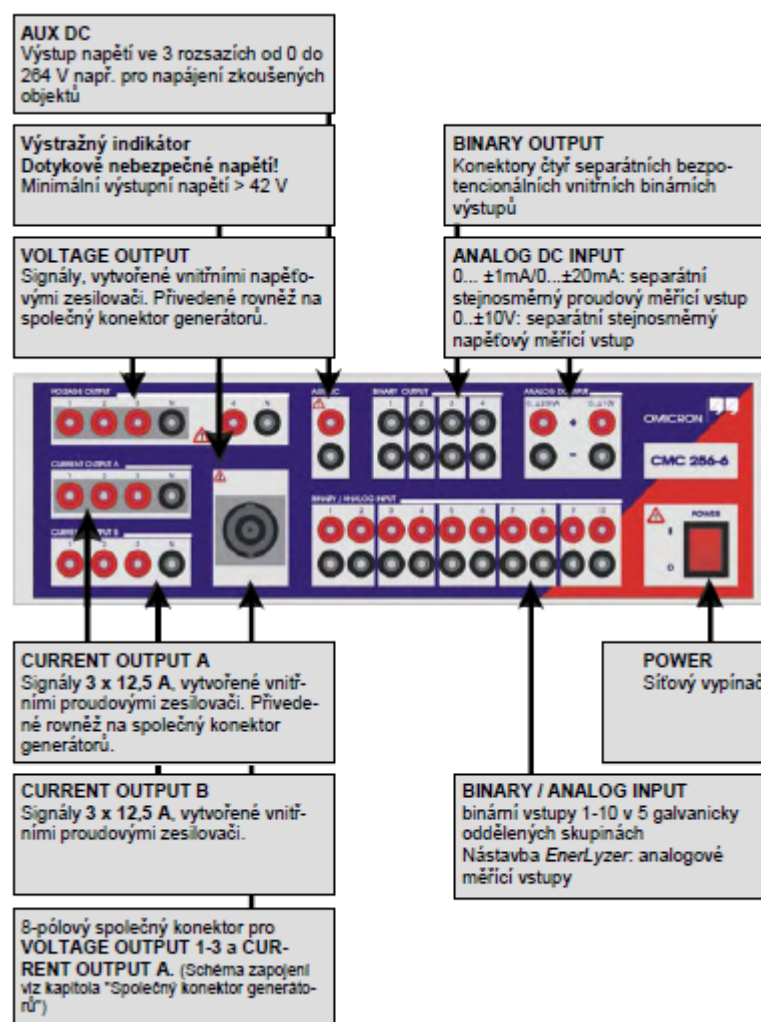
Použitím této funkce je docíleno plně automatického připojování synchronních alternátorů k síti. Funkci synchro-check je možné provozovat ve dvou módech. Prvním z nich je CONTINUOUS mode, u kterého je synchronní stav kontrolován nepřetržitě a v okamžiku splnění nastavených podmínek je vyslán povel externímu zařízení k přifázování. Druhým je COMMAND mode, u kterého je uživatelem podán povel k přifázování a následně je kontrolován synchronní stav po jehož splnění je provedeno přifázování.

Synchro-check je používán ve dvou případech. První, méně častý z nich, je připojení dvou sítí, kdy je napětí pouze na jedné nebo žádné straně výkonového vypínače. V tomto případě není možné měřit rozdíly veličin a je tedy pouze vyhodnocováno,

kteřá síť je pod napětím. Druhým případem je přítomnost napětí na obou stranách výkonového vypínače. Funkce sleduje splnění synchronizačních podmínek, tedy okamžik, kdy jsou napěťová, frekvenční i fázová podmínka splněny a na jejich základě je kontrolováno trvání synchronismu. Ten musí trvat dostatečně dlouho aby bylo zajištěno jeho splnění i v okamžiku sepnutí. To proto, že zpoždění výkonového vypínače a ovládacího systému je oproti signálu terminálu, podle [4], v rozsahu 50 až 250 ms. Z tohoto důvodu je také možné nastavení minimální doby, po kterou musí být podmínky pro synchronizaci splněny. Sepnutí je též možné ve dvou módech. Asynchronní mód fázuje jsou-li fázory napětí v toleranci, která je nastavená. Synchronní mód výpočtem stanoví čas kdy bude nulový fázový posun fázorů napětí a pošle signál k sepnutí. Ten je vyslán v předstihu, který je rovný pracovnímu času výkonového vypínače.

4 OMICRON CMC 256+

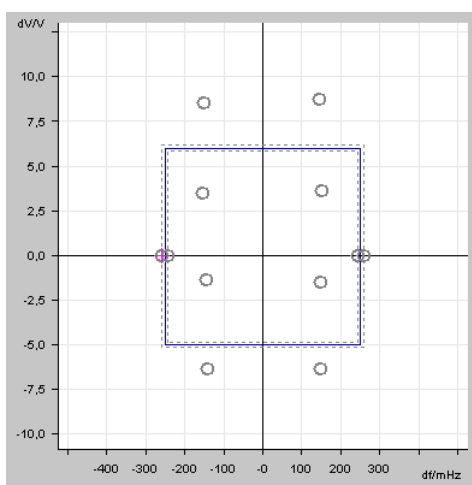
CMC 256+ firmy Omicron je zkušební přístroj, používaný pro zkoušky zařízení, jakými jsou například ochrany, měřicí převodníky a elektroměry. "CMC 256+ je součástí OMICRON Test Universe, který se vedle zkušebního přístroje samotného skládá z PC, softwaru a, pokud je to potřebné, vnějších zesilovačů" [6]. Softwarem OMICRON Test Universe se provádí samotná konfigurace a nastavování přístroje. Hlavními funkcemi přístroje CMC 256+ je vytvoření zkušebních signálů ve formě proudů, napětí nebo binárních signálů. Další funkcí je analogově a binárně měřit reakce zkoušeného objektu a, je-li potřeba, zajistit jeho napájení. Na Obr. 4.1 je vyobrazen přední panel přístroje i s popisem jednotlivých konektorů. Zadní panel pak obsahuje převážně ventilační otvory, napájecí konektor, pojistku, datový port pro komunikaci s PC a tlačítko Associate pro spárování přístroje s PC.



Obr. 4.1: Čelní panel přístroje CMC 256+ s popisem svorek [6]

4.1 Synchronizer

Synchronizer je samostatným programem v rámci programového celku OMICRON Test Universe. Zaměřuje se na testování synchronizace. Pomocí tohoto programu lze nasimulovat parametry sítě (systém 1) i alternátoru (systém 2), které jsou poslány do terminálu točivého stroje. Příkaz k vybavení vypínače je přijat pomocí binárního vstupu. Signál z binárního vstupu je pak využit k vyhodnocení. Nastavování testovacích bodů se provádí ručním přidáním bodu nebo zadáním hodnot, které jsou následně zobrazeny jako body v Synchronizačním okně, jak ukazuje Obr. 4.2. Ohraničení je dáno nastavenými tolerancemi. Svislá osa udává rozdíly napětí, vodorovná pak rozdíly ve frekvenci. Rozdíl úhlu fázového posunu lze nastavit pouze ručně.



Obr. 4.2: Příklad rozložení bodů v synchronizačním okně modulu Synchronizer

4.1.1 Test funkčnosti

Synchronizer může být použit dvěma způsoby. Prvním z nich je test funkčnosti. Ten má za úkol prověřit správnou funkčnost ochrany podle nastavených podmínek. Synchronizer pak porovnává, zdali došlo či nedošlo k připojení na síť s ohledem na nastavené parametry sítě a alternátoru a s ohledem na nastavené tolerance. Výsledek tohoto porovnání je následně zobrazen v programu jako splnění či nesplnění předpokládaného stavu. Mohou být zkoušena jednotlivá nastavení nebo může být vytvořena tabulka testovaných bodů, které se následně otestují bez nutnosti zásahu obsluhy. U testovacích bodů uvnitř ohraničení, kdy odchylky nepřesahují tolerance, Synchronizer předpokládá, že k sepnutí výkonového vypínače dojde během nastaveného času trvání synchronizace. Leží-li body vně, je předpokládáno, že se signál

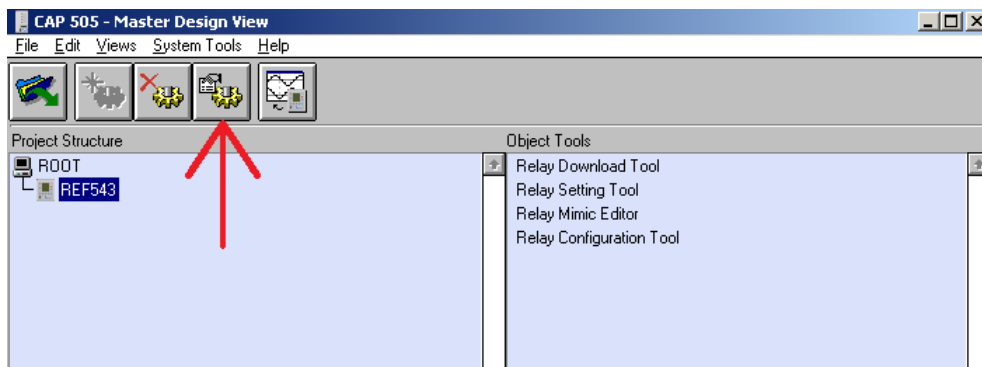
k sepnutí během tohoto času neobjeví, tedy že nedojde k připnutí do sítě. Čárkovanou čarou je nastavena oblast nejasného výsledku. V této oblasti tedy může dojít k sepnutí ve vymezeném čase nebo nemusí.

4.1.2 Test kompenzace

Druhým způsobem použití je test kompenzace. Zde jsou definovány povely pro regulaci, které řídí napětí a frekvenci a jsou vydávány synchronizačním relé ke generátoru. Opět lze použít jednotlivé body nebo tabulku testovaných bodů. Synchronizační okno je znovu nastaveno pomocí tolerancí napětí a frekvence. Leží-li testovací bod mimo Synchronizační okno a relé obdrží spouštěcí povel, vyšle relé příslušný signál ($V>$, $V<$, $f>$, $f<$), aby mohl být generátor připojen do sítě. Synchronizer tento binární signál detekuje a upraví napěťový výstup systému 2. Synchronizační relé by mělo vyslat řídicí signál až po vstupu systému 2 do synchronizačního okna. Vstoupí-li systém 2 do synchronizačního okna během nastaveného synchronizačního času, výkonový vypínač může sepnout. V opačném případě Synchronizer vyšle ukončovací povel.

5 KONFIGURACE POMOCÍ CAP 505

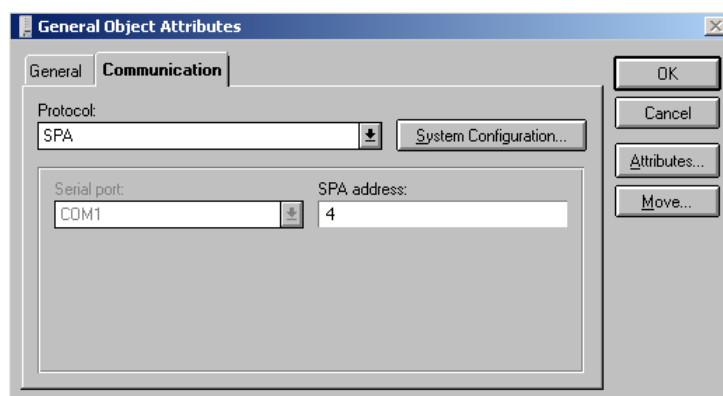
Komunikace mezi PC a terminálem REM 545 obstarává kabel COM. Základní obrazovka, která se zobrazí po spuštění programu CAP 505 je znázorněna na Obr. 5.1.



Obr. 5.1: Základní obrazovka programu CAP 505

Zde kliknutím na červeně označenou ikonu otevřeme okno General Object Attributes (Obr. 5.2), které slouží k nastavení komunikace.

V záložce Communication zvolíme protokol SPA, jako sériový port COM1 a hodnotu SPA adresy zvolíme 4. Okno General Object Attributes můžeme zavřít tlačítkem OK pro uložení nastavení.

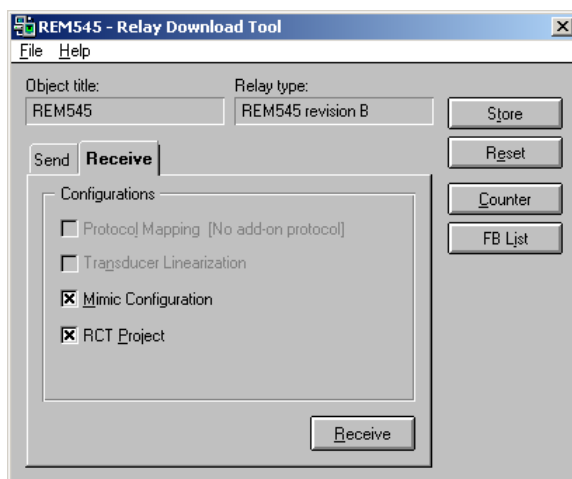


Obr. 5.2: Nastavení komunikace terminálu

Na základní obrazovce nejprve v levé části vybereme položku REM 545, následně se nám v pravé části zobrazí několik možností. Zde vybereme položku Relay Download Tool. Položka Relay Download Tool slouží pro stažení aktuální konfigurace z terminálu nebo k nahrání konfigurace nové.

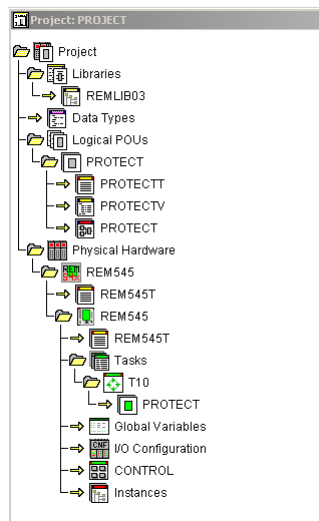
V nově otevřeném okně (Obr. 5.3) přejdeme do záložky Recieve, zaškrtneme možnosti Mimic Configuration a RCT Project a potvrdíme klepnutím na tlačítko Recieve. Následně proběhne stažení aktuální konfigurace z terminálu. Tento krok

provádíme z toho důvodu, že využijeme funkční konfiguraci, do které pouze přidáme funkci synchro-checku. Máme tedy jistotu správné funkčnosti výkonového vypínače. Okno zavřeme klepnutím na tlačítko Store, čímž se uloží obsah právě stažené konfigurace do paměti PC pro budoucí použití, bez nutnosti opětovného stažení.



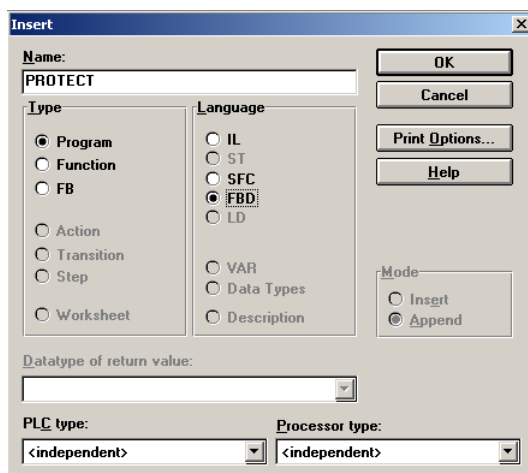
Obr. 5.3: Stažení konfigurace z terminálu

5.1 Relay Configuration Tool

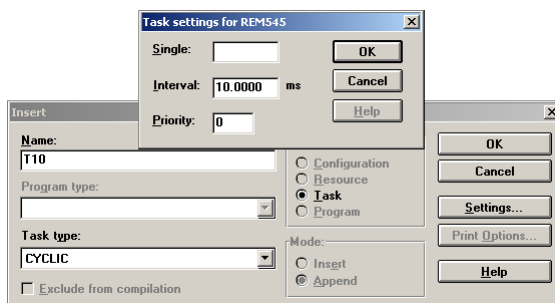


Obr. 5.4: Stromová struktura konfigurace - Relay Configuration Tool

Ze základní obrazovky přejdeme do položky Relay Configuration Tool, kde do stávající konfigurace budeme přidávat funkční bloky synchro-checku. Okno Relay



Obr. 5.5: Insert Logical POU



Obr. 5.6: Parametry pro Task T10

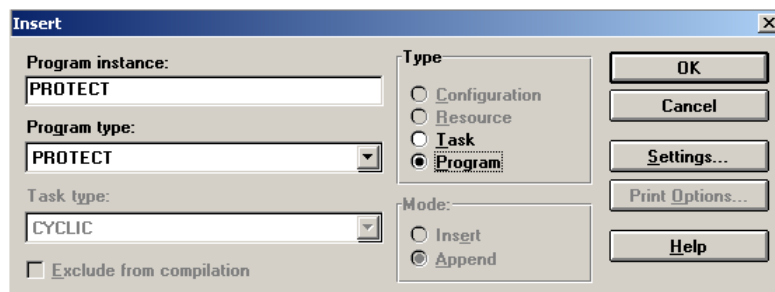
Configuration Tool obsahuje stromovou strukturu konfigurace. Detail výsledné stromové struktury je znázorněn na Obr. 5.4. Při vstupu do Relay Configuration Tool zadáme heslo "abb".

Označíme položku Logical POU, z řádku nabídek přejdeme do sekce Edit, kde vybereme Insert. V okně, které se objeví (Obr. 5.5), vyplníme název funkce jako PROTECT, v poli Type vybereme Program a v poli Language FBD. Zbylé necháme beze změny a potvrdíme tlačítkem OK.

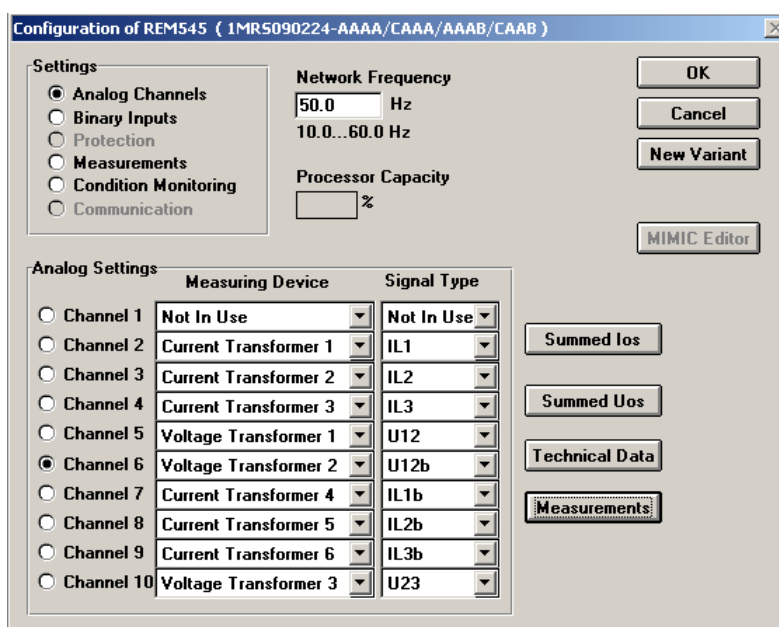
Stejný postup opakujeme u položky Tasks. V nově otevřeném okně do pole Name zadáme T10 a do výběrového menu Task type vybereme CYCLIC. Kliknutím na tlačítko Settings se nám otevře okno pro nastavení Tasku, jak je znázorněno na Obr. 5.6. Zde nastavíme interval trvání na 10.0000 ms. Obě okna zavřeme potvrzením pomocí tlačítka OK.

Ve stromové struktuře označíme T10 a v sekci Edit řádku nabídek vybereme Insert. Otevře se okno Properties (Obr. 5.7). V poli Type vybereme Program a do kolonky Program instance napíšeme PROTECT. Ve výběrovém menu vybereme také PROTECT. Potvrdíme tlačítkem OK.

Ve stromové struktuře označíme položku REM 545, z řádku nabídek vybereme File a následně Edit Object Properties. Objeví se nám okno Configuration of REM 545 znázorněné na Obr. 5.8.



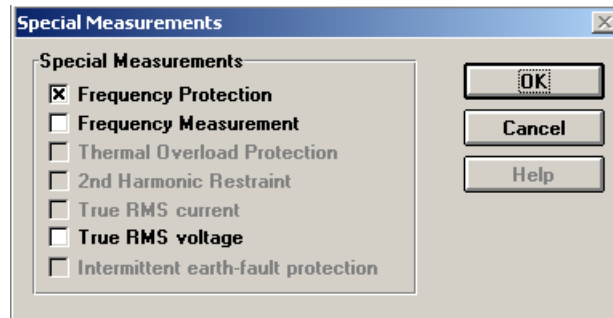
Obr. 5.7: Program pro task T10



Obr. 5.8: Konfigurace analogových kanálů terminálu REM 545

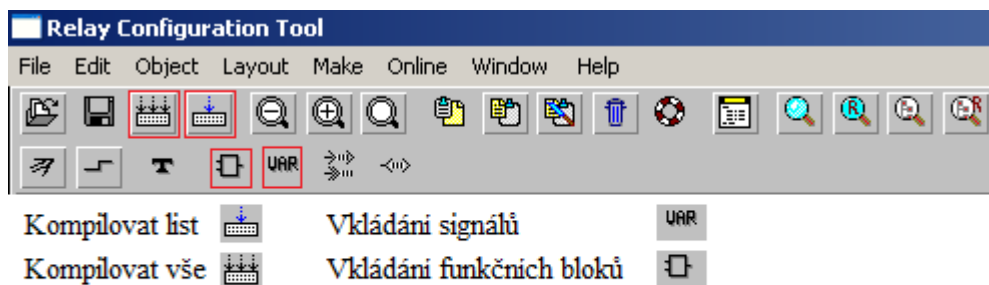
V sekci Analog Channels nastavíme Signal Type u kanálu Channel 5 na U12 a pro Channel 6 na U12b. U obou kanálů je nutné další nastavení. Vybereme Channel 5 a stiskneme Measurements. Objeví se nám okno Special Measurements jak je znázorněno na Obr. 5.9. Zde zaškrtneme kolonku Frequency Protection a potvrdíme stiskem OK. Opakujeme i pro druhý kanál.

Poklepáním na položku PROTECT se nám otevře okno GRAPHIC pro vkládání funkčních bloků. Kliknutím označíme místo pro vložení funkčního bloku (po klepnutí se objeví černý křížek). Ikony tohoto prostředí jsou znázorněny na Obr. 5.10 Klepneme na tlačítko Add Function Block. To nám otevře okno Function/Function Block



Obr. 5.9: Nastavení frekvenční ochrany pro napěťové vstupy

znázorněné na (Obr. 5.11). Ve výběrovém menu položky Name vybereme SCVCSt1, reprezentující funkční blok synchro-checku, a potvrdíme stiskem OK.



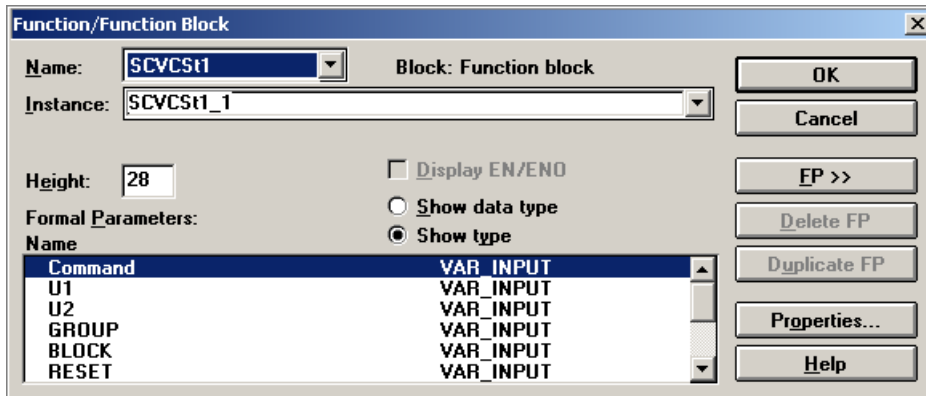
Obr. 5.10: Ovládací tlačítka v prostředí GRAPHICS

Klikneme na tlačítko Add Variable a přidáme signál U12

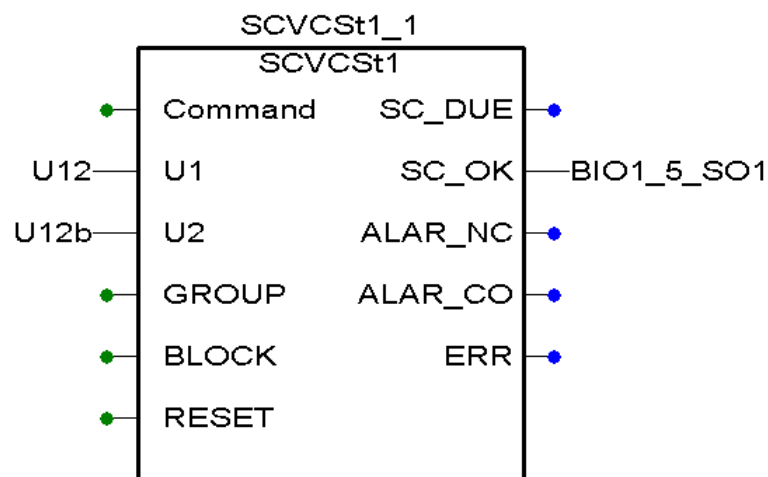
Dále přidáme signály U12b a BIO_5_SO1.

Signály propojíme s blokem synchro-checku tak, jak je znázorněno na Obr. 5.12. Dokončíme úpravy tlačítkem Kompilovat list. Celou konfiguraci uložíme tlačítkem Kompilovat vše. Okno Relay Configuration Tool můžeme nyní zavřít.

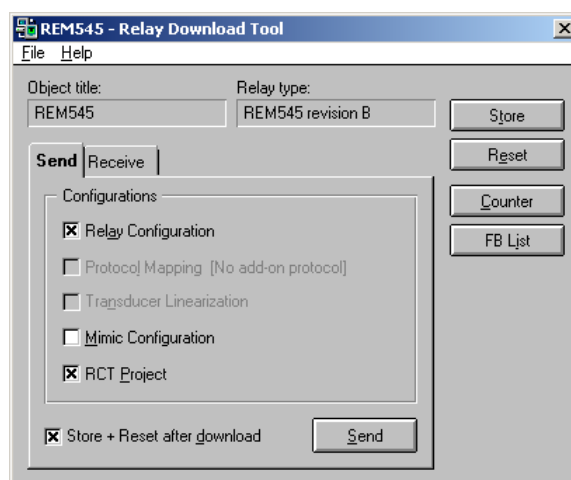
Konfiguraci nahrajeme do terminálu přes položku Relay Download Tool. V záložce Send zaškrtneme kolonky Relay Configuration a RCT Project. Ujistíme se, že je též zaškrtnutá položka Store + Reset after download, která zajistí uložení konfigurace do paměti terminálu, jak je znázorněno na Obr. 5.13. V opačném případě by po odpojení terminálu od napájení došlo ke ztrátě námi nahrané konfigurace.



Obr. 5.11: Vložení funkčního bloku synchro-checku



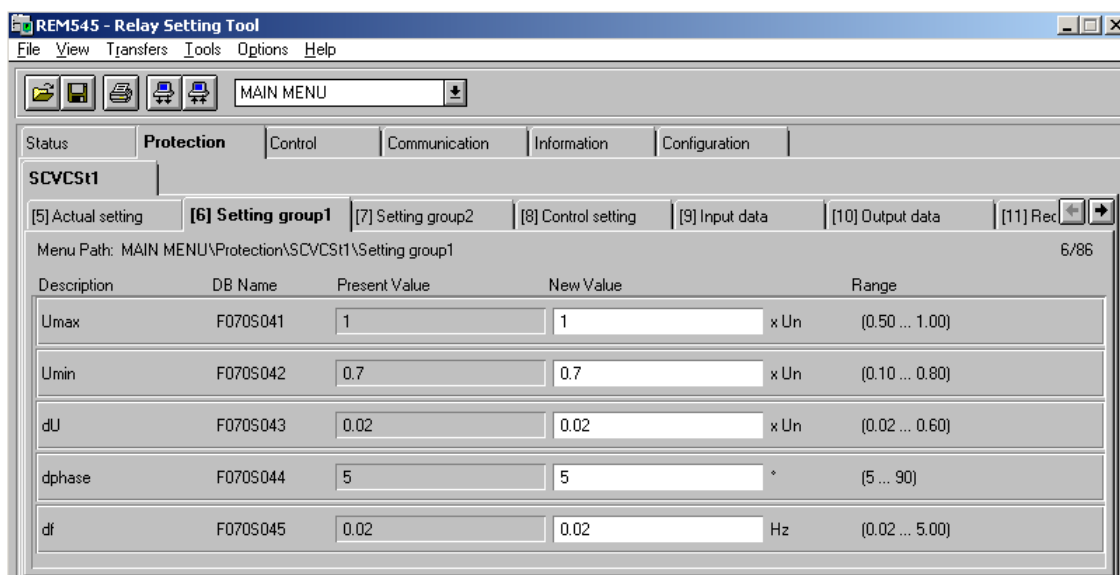
Obr. 5.12: Zapojení signálů na blok synchro-checku



Obr. 5.13: Odeslání konfigurace do terminálu

5.2 Relay Settings Tool

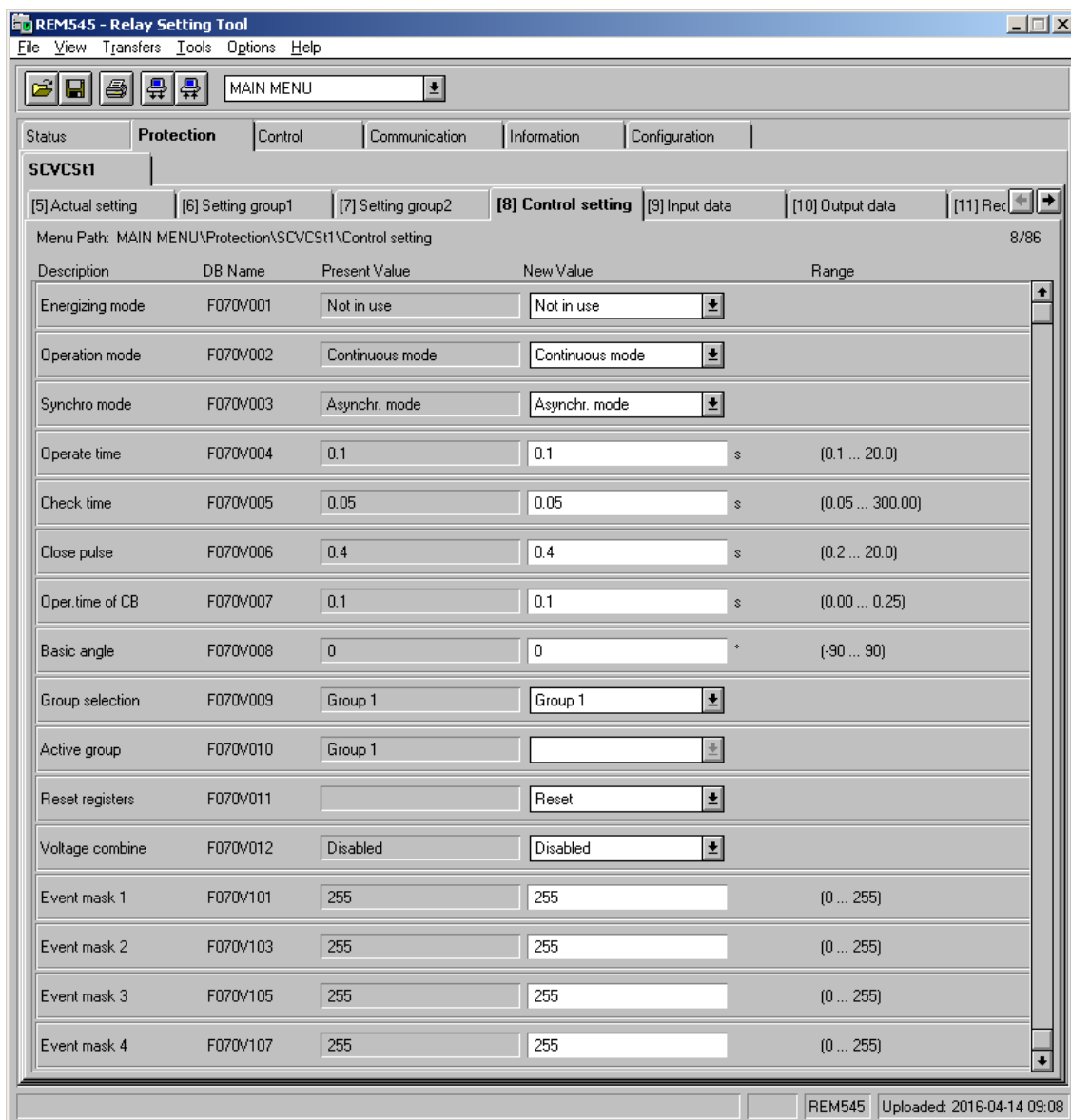
Ze základní obrazovky přejdeme do položky Relay Settings Tool, která slouží pro nastavení naší vytvořené konfigurace. Přejdeme do záložky Protection a v záložce SCVCS1 otevřeme Setting group1. Zde nastavíme maximální a minimální násobky jmenovitého napětí na U_{max} rovno 1 a U_{min} rovno 0,7. Maximální rozdíl amplitud napětí dU nastavíme na 0,02 jmenovitého napětí, maximální fázový posun napětí dphase na 5° a rozdíl frekvencí napětí df na 0,02 Hz jak je znázorněno na Obr. 5.14.



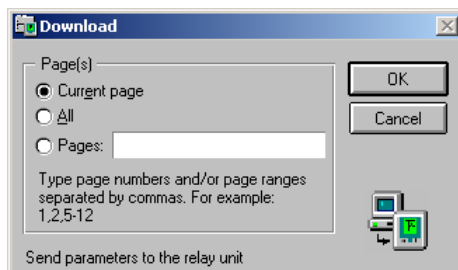
Obr. 5.14: Nastavení limitních hodnot funkce synchro-check

V záložce Control setting nastavíme Energizing mode na Not in use a Operation mode na Continuous mode. Synchro mode nastavíme na Asynchr. mode. Operate time představující operační čas synchro-checku nastavíme na hodnotu 0,1 s. Check time udávající dobu po jakou bude kontrolováno splnění fázovacích podmínek nastavíme na hodnotu 0,05 s. Doba trvání spínacího pulsu Close Pulse bude 0,4 s a operační čas výkonového vypínače Operate time of CB bude 0,1 s. Vyrovnání fázového posunu napětí Basic Angle ponecháme na 0 a jako Group selection zvolíme Group 1. Reset register nastavíme na Reset a kombinaci funkcí synchro-check a voltage-check Voltage combinate na Disable. Zbývající položky Event mask ponecháme, případně nastavíme, na hodnotách 255. Výsledný pohled na nastavené hodnoty je znázorněn na Obr. 5.15.

Hotové nastavení odešleme do terminálu pomocí možnosti Download v řádku nabídek pod položkou Transfer. Vybereme možnost Current page a potvrdíme OK. Tento postup provedeme u naší upravovaných záložek, tedy u záložky Setting group1 a Control setting. Okno Download je znázorněno na Obr. 5.16.



Obr. 5.15: Nastavení funkce synchro-check

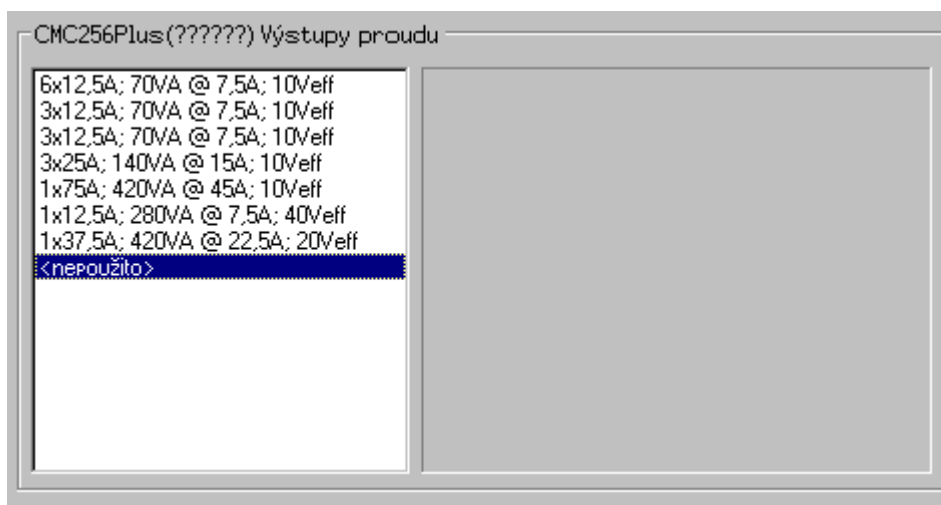


Obr. 5.16: Odeslání nastavení do terminálu točivého stroje

6 NASTAVENÍ MODULU SYNCHRONIZER

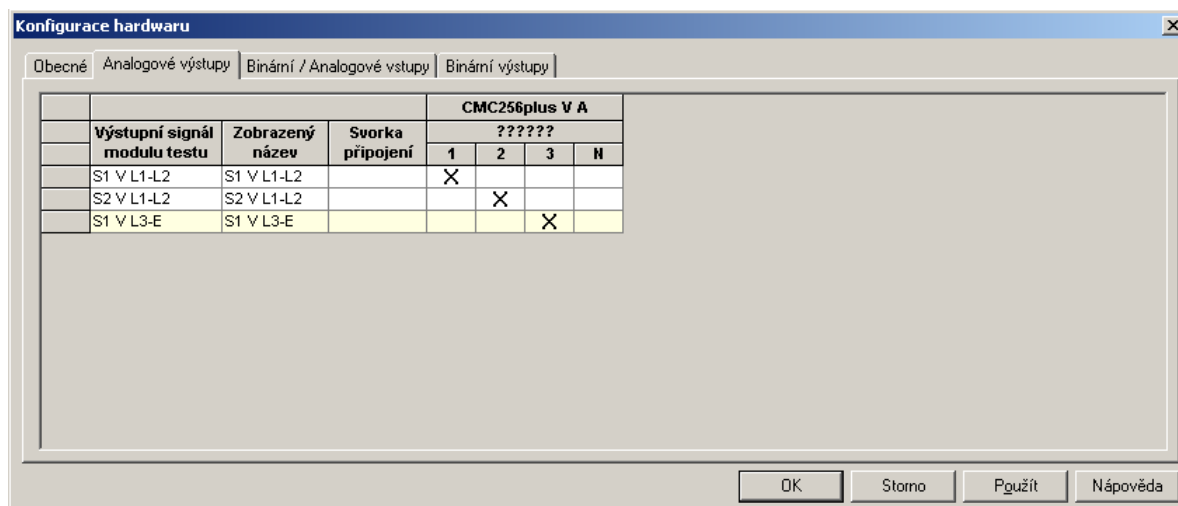
Při testování terminálu točivého stroje REM 545 budeme přístrojem CMC 256+ zkoumat pouze napětí simulované sítě a alternátoru. Proto jako první krok provedeme vypnutí proudových výstupů, aby nedošlo k nechtěnému poškození přístroje.

Z řádku nabídek vybereme sekci Parametry a v ní položku Konfigurace hardwaru. V záložce Obecné klikneme v poli Sada(y) testu na tlačítko Podrobnosti kde nastavíme Výstupy proudu na <nepoužito> jak vidíme na Obr. 6.1 a potvrdíme tlačítkem OK.



Obr. 6.1: Nastavení proudových výstupů

Záložku Analogové výstupy nastavíme podle Obr. 6.2 a potvrdíme tlačítkem OK.



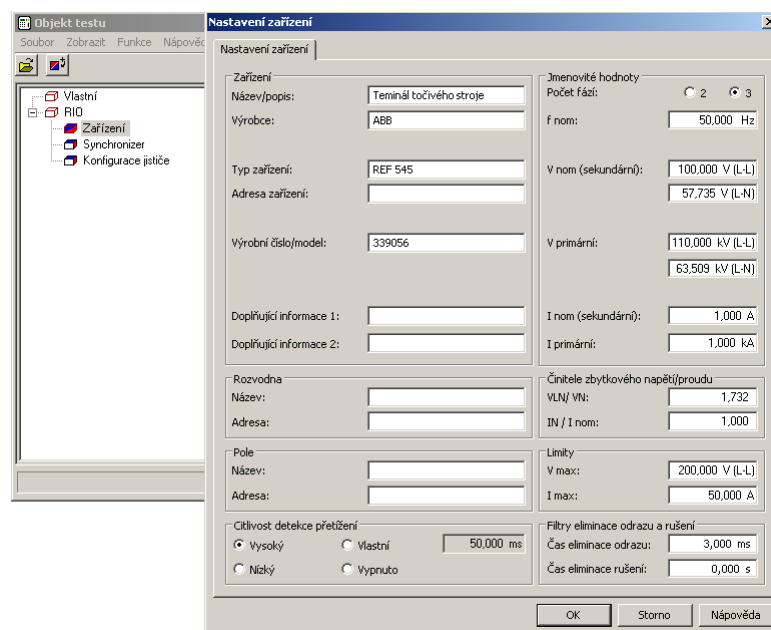
Obr. 6.2: Nastavení výstupů napětí pro test

Tab. 6.1: Informace o terminálu točivého stroje

Nastavení zařízení	
Název / popis	Terminál točivého stroje
Výrobce	ABB
Typ zařízení	REM 545
Výrobní číslo	339056
Počet fází	3
f_{nom}	50
V_{nom} (sekundární)	100,000 V (L-L)

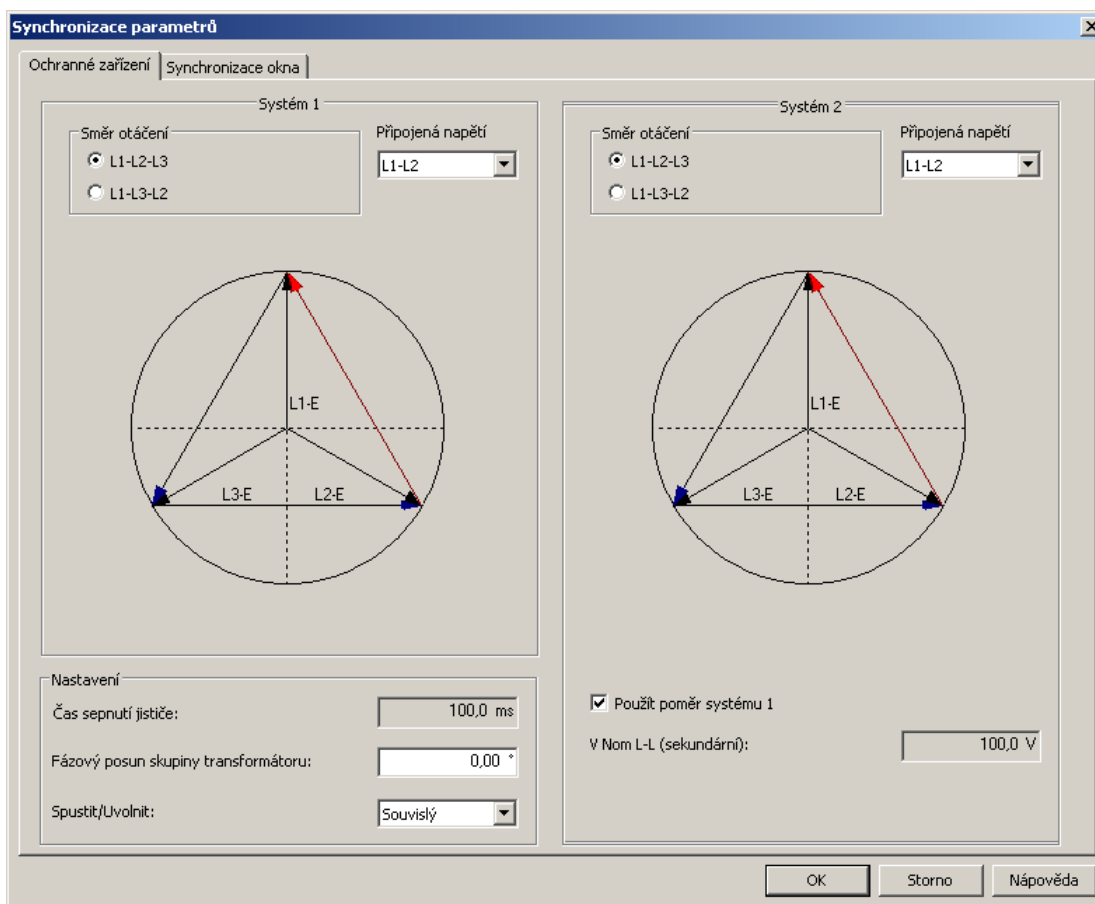
Nyní nastavíme velikost Synchronizačního okna, vlastnosti sítě a alternátoru a zadáme modulu Synchronizer data o terminálu REM 545.

Z řádku nabídek vybereme opět sekci Parametry a v ní položku Objekt testu. V nově otevřeném okně vybereme možnost Zařízení, které otevře okno Nastavení zařízení sloužící pro vložení dat o terminálu vývodového pole jak je znázorněno na Obr. 6.3. Nastavení vyplníme dle Tab. 6.1 a potvrdíme tlačítkem OK.



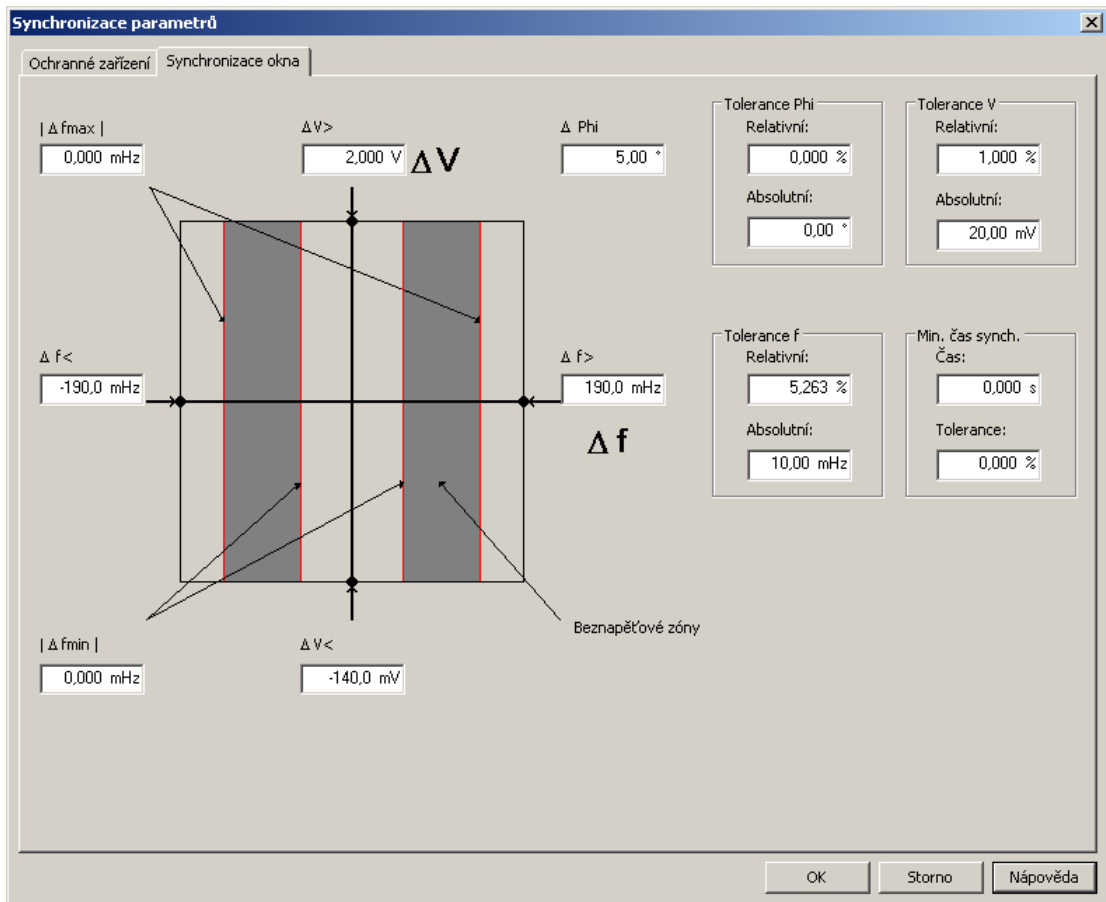
Obr. 6.3: Vložení informací o terminálu točivého stroje

V okně Objekt testu otevřeme položku Synchronizer, které nám otevře okno pro nastavení vlastností sítě a alternátoru jak je znázorněno na Obr. 6.4. Pro oba systémy nastavíme Připojená napětí na L1-L2 a v poli Nastavení u položky Spustit/Uvolnit: vybereme možnost Souvislý.



Obr. 6.4: Výběr použitých napětí pro test

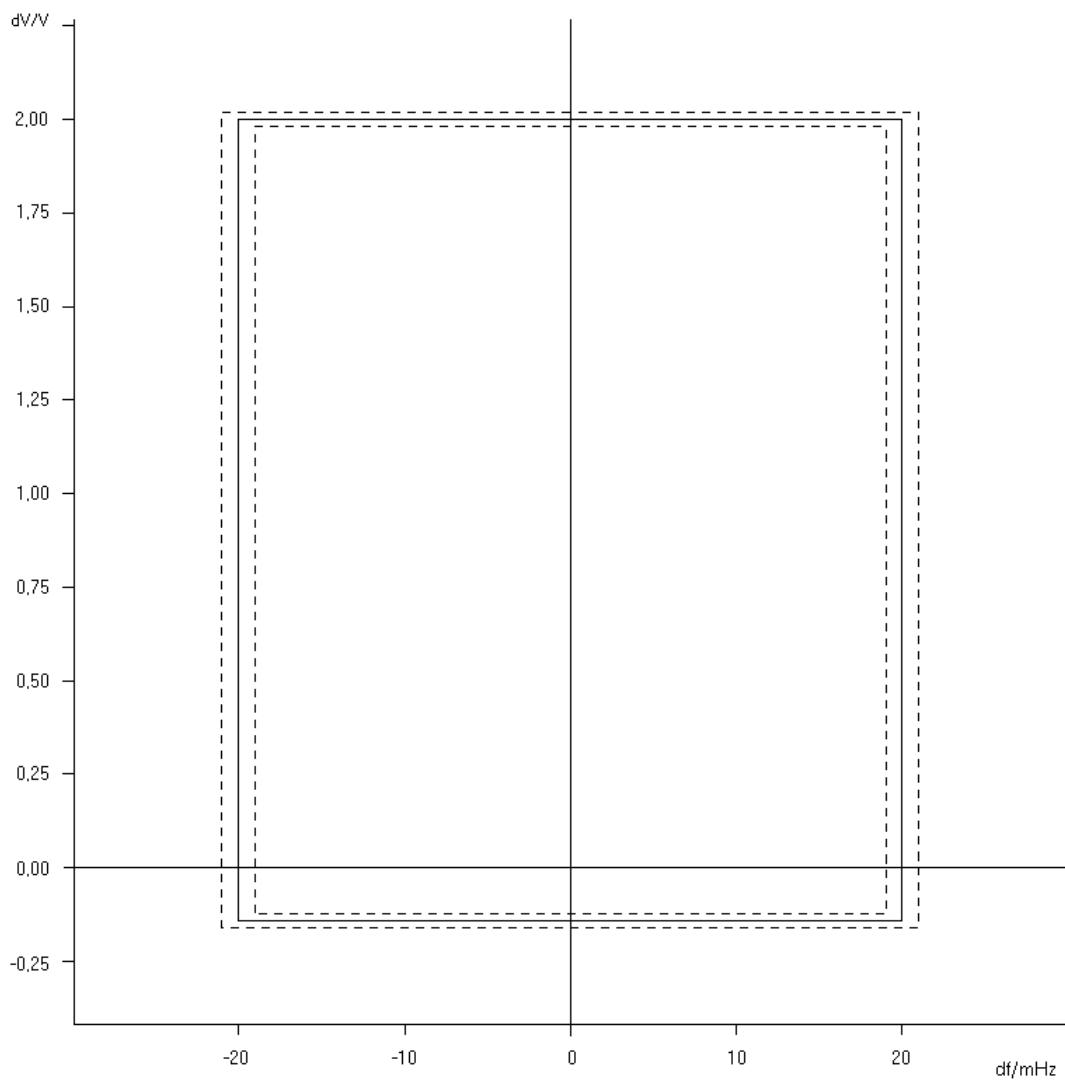
Záložku Synchronizace okna (Obr. 6.5) vyplníme dle Tab. 6.2. Výsledné synchronizační okno pak bude vypadat jako na Obr. 6.6.



Obr. 6.5: Prostředí pro nastavení synchronizačního okna

Tab. 6.2: Hodnoty pro nastavení synchronizačního okna

Synchronizace okna	
$ \Delta f_{\max} $	0.00 mHz
$ \Delta f_{\min} $	0.00 mHz
$\Delta f <$	-190.0 mHz
$\Delta f >$	190.0 mHz
$\Delta \Phi$	5.00 °
$\Delta V >$	2.000 V
$\Delta V <$	-140.0 mV
Tolerance Φ - absolutní	0.00 °
Tolerance Φ - relativní	0.000 %
Tolerance f - absolutní	10.00 mHz
Tolerance f - relativní	5.263 %
Tolerance V - absolutní	20.00 mV
Tolerance V - relativní	1.000 %



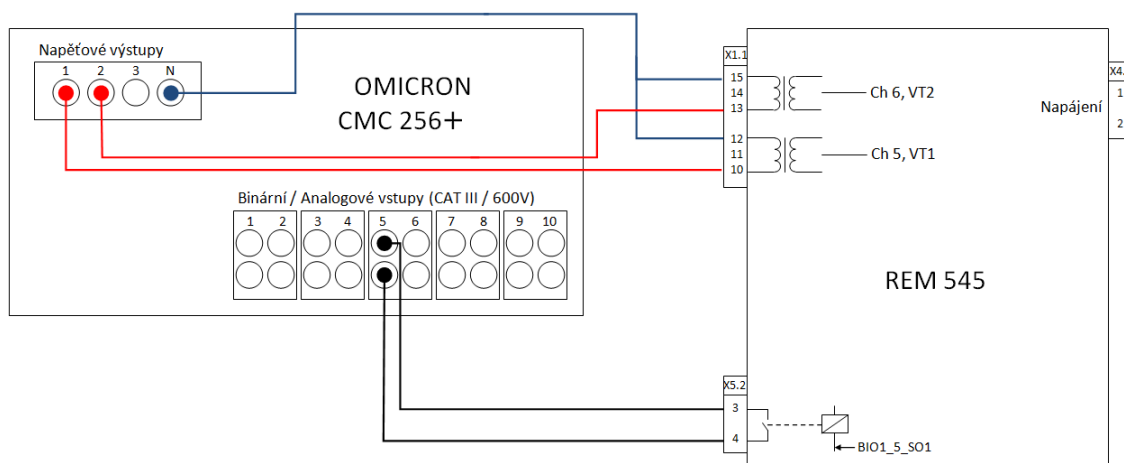
Obr. 6.6: Synchronizační okno

7 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI

Po vytvoření konfigurace a nastavení testovacího přístroje bylo provedeno otestování funkčnosti testerem Omicron 256+. Následně byla provedena příprava k otestování synchronizace laboratorního alternátoru s laboratorní sítí.

7.1 Test pomocí zkušebního přístroje

Terminál REM 545 byl propojen s testerem Omicron 256+ podle schématu na 7.1. Na svorkovnici X1.1 terminálu byla přivedena obě napětí. Napětí reprezentující síť, v testeru značené jako System 1, bylo přivedeno na kontakty 10 a 12. Napětí reprezentující alternátor, v testeru jako System 2, pak bylo přivedeno na kontakty 13 a 15. Binární signál informující o splnění synchronizace je vyslán, skrze kontakty 3 a 4 na svorkovnici X5.2 terminálu, zpět do testeru na svorky binárního vstupu 5.



Obr. 7.1: Schéma zapojení pro otestování konfigurace testerem ochran

Pro vyzkoušení funkčnosti byl vybrán Test Funkčnosti popsáný v 4.1.1. Bylo nastaveno celkem 76 testovaných bodů. Pro test byla nastavena maximální doba, po kterou má být synchronizace kontrolována, na 60 s. Tento čas byl zvolen s ohledem na některé testované body, které se nacházely v oblasti s nejasným výsledkem.

Po dokončení testu, byl vystaven záznam o zkoušce, který je součástí programu Synchronizer. Na 7.2 je znázorněn výřez tabulky nastavených hodnot a lokálních výsledků a také pohled na výsledné zobrazení synchronizačního okna s otestovanými body. Kompletní záznam o zkoušce je součástí přílohy.

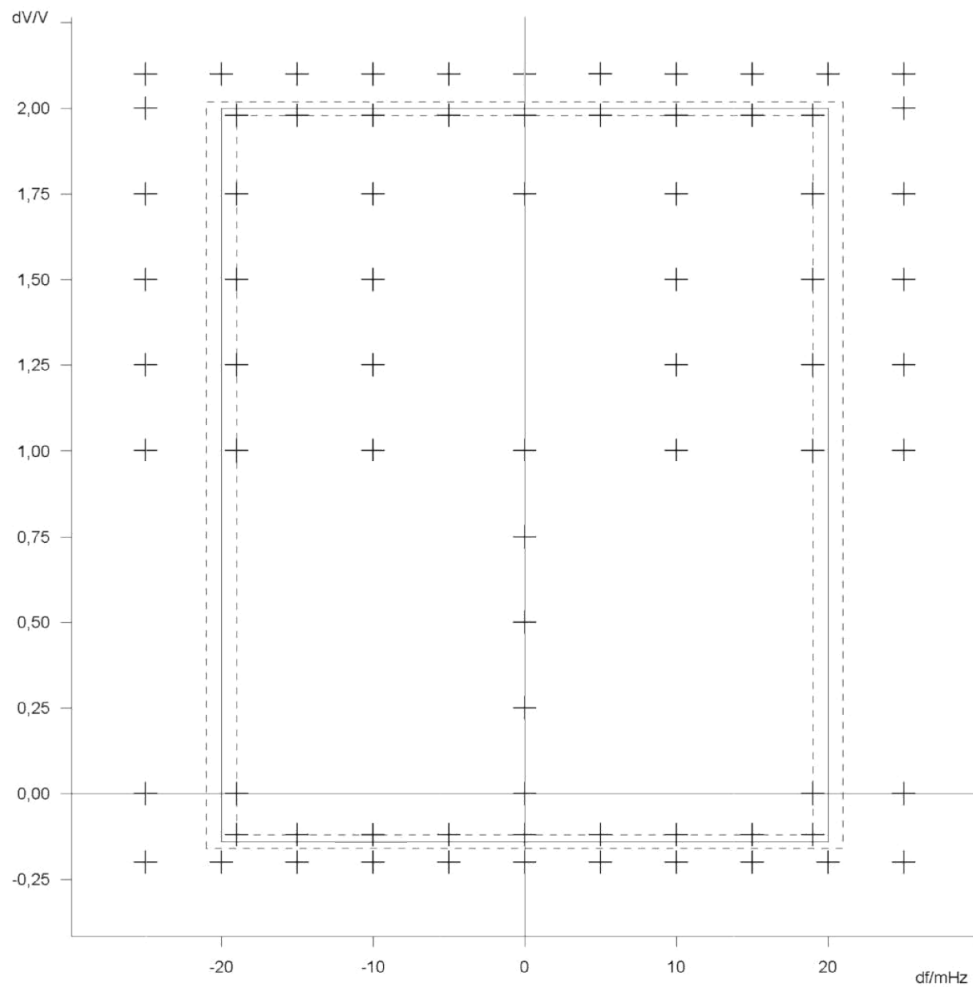
Test Results

Function Test (Deltas)

Test point			On CB close command On CB Close				Nom. Resp.	Act. Resp.	Result
ΔV	Δf	$\Delta \Phi$	ΔV	Δf	$\Delta \Phi$	$t_{\Delta \Phi=0}$			
-0,200 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,000 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,000 V 1,000 V	-0,019 Hz -0,019 Hz	-1,042 ° -1,726 °	(n/a) (n/a)	Synchro	Synchro	Passed

Function Test (Abs. Value)

Test point			On CB close command On CB Close			Nom. Resp.	Act. Resp.	Result
V	f	Phi	V	f	Phi			
99,800 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,000 V	49,981 Hz	0,000 °	101,000 V 101,000 V	49,981 Hz 49,981 Hz	16,349 ° 15,665 °	Synchro	Synchro	Passed



Test State:
Test passed

Obr. 7.2: Náhled na výsledek testu

Testované body jsou zapsány do dvou tabulek. První tabulka udává nastavené odchylky od jmenovitých hodnot, druhá pak absolutní hodnoty. Obě tabulky jsou vertikálně rozděleny na tři části. První obsahuje nastavený bod. Druhá část udává na prvním řádku hodnoty při vydání signálu k synchronizaci a na druhém jsou hodnoty při samotné synchronizaci. Ty jsou, jak je vidět ze čtvrtého sloupce, zpožděny o 100 ms, tedy o pracovní čas vypínače. Třetí částí tabulky je předpoklad reakce vypínače, skutečná reakce vypínače a výsledek testu.

Synchronizační okno s výsledkem testu slouží jako rychlý přehled průběhu testu. V tomto případě se všechny body zachovaly podle předpokladu a jsou tedy zobrazeny jako +. Celý test je tedy považován za úspěšný. Pokud by se jeden nebo více bodů neshodovalo s předpokladem, byly by označeny jako × a tím by byl celý test považován za neúspěšný.

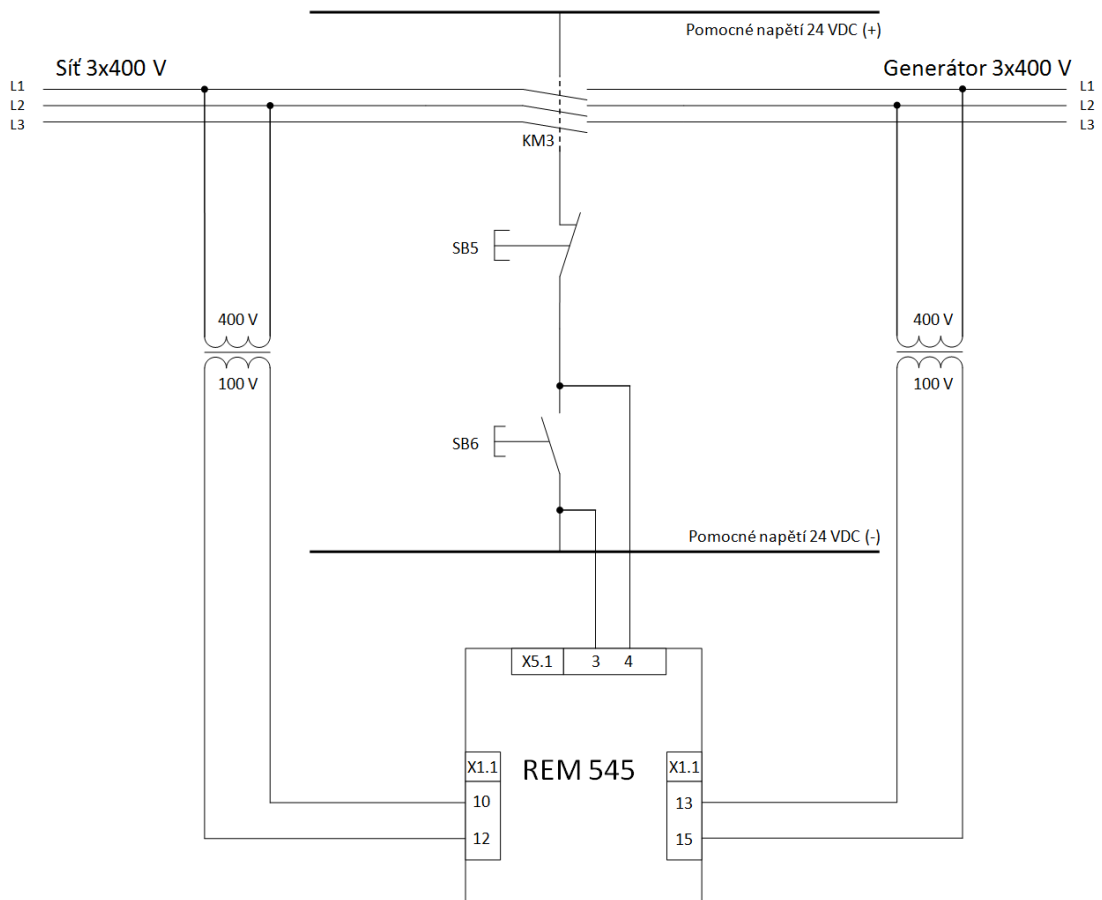
7.2 Příprava na test reálného provozu

Po úspěšném testu se simulovanými napětími byla provedena příprava pro testování za pomoci laboratorního zdroje. Tím byl 4 pólový alternátor PARTNER LSA 37 M5 firmy Leroy-Somer.

Byly objednány dva transformátory 400/100 V, které budou sloužit jako měřicí transformátory pro terminál točivého stroje. Jeho napěťové vstupy jsou od výroby omezeny na napětí 100 V až 120 V mezi fázemi. Laboratorní zdroj i síť mají mezi fázemi 400 V.

Rozváděč, plánovaný pro použití při testu reálného provozu, umožňuje ruční synchronizaci. Aby byla tato funkce zachována, je výstupní signál, dávající pokyn k sepnutí, připojen paralelně k ručnímu ovládání. Návrh zjednodušeného schématu zapojení je znázorněn na 7.3.

Pomocí ovládacích prvků na dveřích rozváděče se budou opatrně zvyšovat parametry alternátoru. Jelikož je funkce Synchro-check nastavena na Continuous mode, je synchronizace kontrolována nepřetržitě, bez nutnosti vyslat počáteční povel k synchronizaci. Proto jakmile na alternátoru bude dosaženo parametrů, které splňují nastavené synchronizační podmínky, bude vyslán signál k sepnutí.



Obr. 7.3: Zjednodušené schéma zapojení pro test na laboratorním zdroji

8 ZÁVĚR

V první kapitole proběhlo seznámení se základními principy fázování zdrojů energie do napájecích soustav. Byly uvedeny podmínky, které je nutné dodržet při fázování aby nedocházelo k nechtěným doprovodným jevům fázování jakými jsou proudové a momentové rázy. Taktéž byly ujasněny maximální odchylky od jmenovitých hodnot napětí, frekvence a fázového posunu, jejichž překročení by tyto nechtěné jevy vyvolalo. Dále byly popsány postupy, které lze při fázování využít, převážně samočinné fázovací automaty.

Popsán byl terminál točivého stroje REM 545 firmy ABB, který lze jako samočinný fázovací automat využít. Jeho využití je zajištěno funkcí synchro-check.

Pro kontrolu funkčnosti této funkce v laboratorních podmínkách, bez nutnosti reálné sítě a generátoru, slouží zkušební přístroj CMC 256+ firmy Omicron. V tomto přístroji je k této funkci připraven specializovaný program Synchronizer, který slouží právě k testování správné funkčnosti samočinných fázovacích automatů.

Byla vytvořena konfigurace pomocí programu CAP 505 a provedeno nastavení programu Synchronizer. Postup je popsán v kapitolách 5 a 6. Pro přehlednost jsou oba postupy popsány samostatně jako součást přílohy. Dále bylo provedeno ověření funkčnosti pomocí několika testovaných bodů a výsledek byl zaznamenán formou testové zprávy. Test proběhl úspěšně a reakce vypínače se u všech zvolených bodů shodovala s předpokladem. Kompletní zpráva je součástí přílohy. Na závěr byla provedena příprava pro test reálného provozu za pomoci přístrojů dostupných v laboratoři.

Funkce byla, z nedostatku zkušeností s těmito přístroji, vytvořena nejjednodušším možným způsobem. Její používání si tedy žádá zvýšenou opatrnost při manipulaci s parametry laboratorního soustrojí. Z nově nabytými znalostmi, získanými vypracováním této práce a dalším studiem dostupných materiálů, by byla funkce vytvořena jinak. Využity by byly možnosti automatického upravování parametrů generátoru, pomocí řídicích signálů z terminálu točivého stroje. Taktéž by byly přidány různé ochranné funkce pro zvýšení bezpečnosti.

LITERATURA

- [1] ONDRÁŠEK, Milan. *Elektrárny II* 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988, 240 stran.
- [2] BRAUNER, Jiří a Zdeněk ŠINDLER. *Elektrická část elektráren* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1987, 242 stran.
- [3] NEZNÁMÝ, Autor. *Fázování synchronního generátoru k síti* [online], 15.12.2015, http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/se/cast_B_el_stroje/se_es_c2_fazovani.pdf
- [4] SCVCSt_Synchro-Check/Voltage-Check Function, 20.12.2015
- [5] ABB. *Machine terminals REM 543, REM 545* [online], 21.4.2016, https://library.e.abb.com/public/5af37b57b42ddcb7c12577c9002b9411/REM54_tob_751173_ENh.pdf.
- [6] OMICRON. *CMC 256 HARDWARE* [online], 20.12.2015, http://www.ueen.feec.vutbr.cz/cz/images/stories/laboratory/laborator-ochrany/Prilohy_testery/Navody_testery/CMC_256_3-CZ.pdf
- [7] OMICRON. *Advanced Protection PACKAGE* [online], 20.12.2015, http://www.ueen.feec.vutbr.cz/cz/images/stories/laboratory/laborator-ochrany/Prilohy_testery/Navody_testery/OMICRON_Advanced_Protection_CZ.pdf
- [8] ABB. *CAP 505 User's Guide* [online], 20.12.2015, https://library.e.abb.com/public/942cdb4bf0f24bf4c125710e0043e84d/cap505_ug_752292_ENn.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

CB	výkonový vypínač – Circuit Breaker
COM	rozhraní sériového portu
FBD	grafický jazyk pro tvorbu programů – Function Block Diagram
f_{nom}	nominální hodnota frekvence
f<	povel ke snížení kmitočtu
f>	povel ke zvýšení kmitočtu
Im	imaginární osa
\bar{i}_o	fázor rázového proudu
Re	reálná osa
SPA	odesílatel protokolové adresy – Sender Protocol Address
\bar{U}	fázor napětí generátoru
\bar{U}_s	fázor napětí sítě
V_{nom}	nominální hodnota napětí
V<	povel ke snížení napětí
V>	povel ke zvýšení napětí
+	vyobrazení úspěšného testu
×	vyobrazení neúspěšného testu

SEZNAM PŘÍLOH

A	Výsledek testu konfigurace	40
B	Manuál pro vytvoření funkce a testování	48
C	Obsah přiloženého CD	51

A VÝSLEDEK TESTU KONFIGURACE

CEKL_BP

Test Object - Device Settings

Substation/Bay:

Substation:
Bay:

Substation address:
Bay address:

Device:

Name/description: Machine Terminal
Device type:
Serial/model number: 339056
Additional info 1:
Additional info 2:

Manufacturer: ABB
Device address:

Nominal Values:

f nom: 50,00 Hz
V nom (secondary): 100,0 V
I nom (secondary): 1,000 A

Number of phases: 3
V primary: 110,0 kV
I primary: 1,000 kA

Residual Voltage/Current Factors:

VLN / VN: 1,732

IN / I nom: 1,000

Limits:

V max: 200,0 V

I max: 50,00 A

Debounce/Deglitch Filters:

Debounce time: 3,000 ms

Deglitch time: 0,000 s

Overload Detection:

Suppression time: 50,00 ms

Test Object - Other RIO Functions

CB Configuration

Description	Name	Value
CB trip time	CB trip time	50,00 ms
CB close time	CB close time	100,00 ms
Times for 52a, 52b in percent of CB time	52a, 52b % of CB	20,00 %

Test Object - Synchro Settings

System 1:

Phase selected: L1-L2

Sequence: L1-L2-L3

System 2:

Phase selected: L1-L2
VNom (secondary): 0V

Sequence: L1-L2-L3

Systems General:

Start/Release: Continuous

Transformer group shift: 0,00°

Synchronizing window:

Limits:

Undervoltage $\Delta V <$: -140,0 mV
Underfrequency $\Delta f <$: -20,00 mHz
 $\Delta \Phi$: 5,00°

Overvoltage $\Delta V >$: 2,000 V
Overfrequency $\Delta f >$: 20,00 mHz
Min sync time: 0,000 s

Control dead zone:

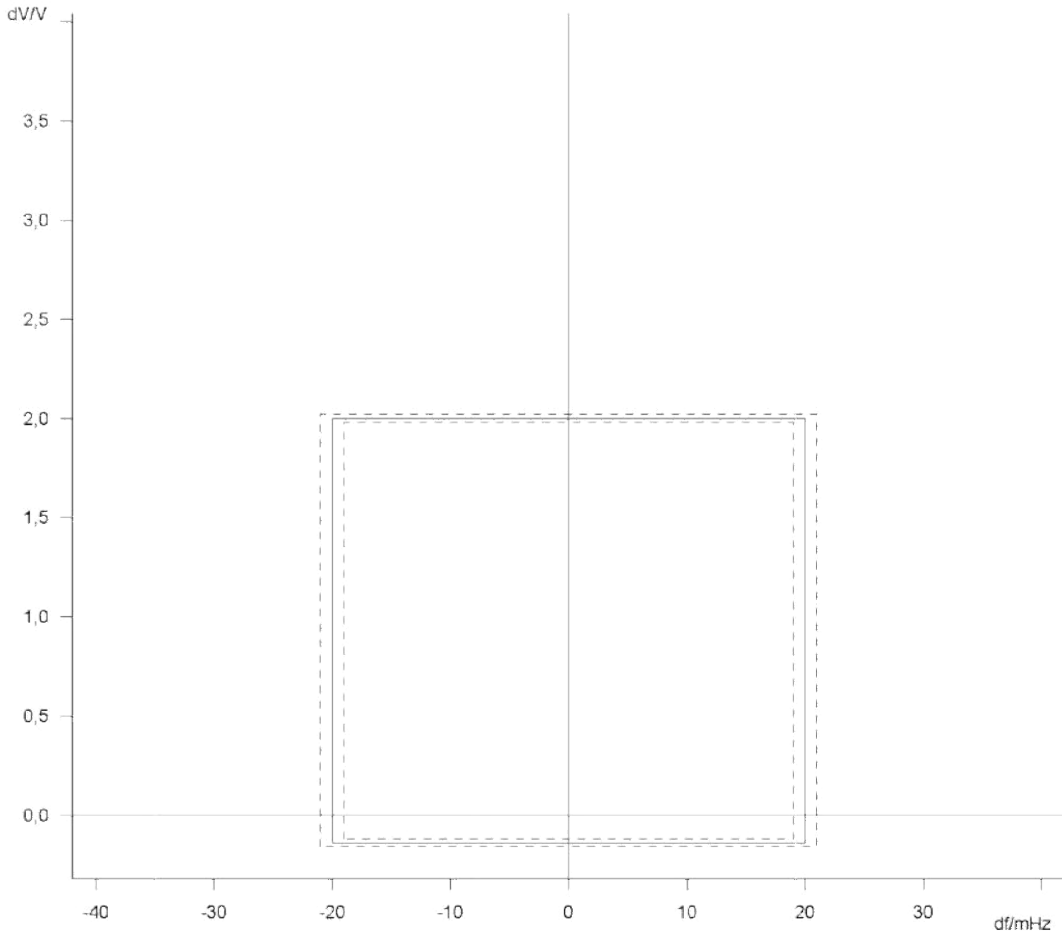
Inner limit Δf_{min} : 0,000 Hz

Outer limit Δf_{max} : 0,000 Hz

Tolerances:

Voltage absolute: 20,00 mV
 Frequency absolute: 1,000 mHz
 Phi absolute: 0,00°

Voltage relative: 1,000%
 Frequency relative: 5,000%
 Phi relative: 0,000%
 Min sync time tol: 0,000%



Test Settings

Pre-Synchro: 0,000 s Post-Synchro: 0,600 s
 Max-Synchro: 60,000 s Delay: 1,000 s

System 1:

Voltage: 100,000 V Frequency: 50,000 Hz

Test Module

Name: OMICRON Synchronizer Version: 2.41 SR 1
 Test Start: 14-IV-2016 10:41:43 Test End: 14-IV-2016 11:16:42
 User Name: Test Manager: TEST
 Company: vut

Test Results

Function Test (Deltas)

Test point			On CB close command On CB Close				Nom. Resp.	Act. Resp.	Result
ΔV	Δf	$\Delta \Phi$	ΔV	Δf	$\Delta \Phi$	$t\Delta \Phi=0$			
-0,200 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	-0,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed

-0,200 V	-0,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	-0,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	-0,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,000 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
-0,200 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
0,000 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,000 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,250 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,500 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,750 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,000 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	0,000 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	-0,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	-0,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	-0,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	-0,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,100 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
2,000 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,750 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,500 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,250 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,000 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
0,000 V	-0,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
1,000 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,000 V	-0,019 Hz	-1,042 °	0,152 s	Synchro	Synchro	Passed
1,250 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,000 V	-0,019 Hz	-1,726 °	0,252 s			
1,500 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,250 V	-0,019 Hz	-0,998 °	0,146 s	Synchro	Synchro	Passed
1,750 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,250 V	-0,019 Hz	-1,682 °	0,246 s			
1,500 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,500 V	-0,019 Hz	-0,991 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,750 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,500 V	-0,019 Hz	-1,675 °	0,245 s			
1,750 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,750 V	-0,019 Hz	-1,032 °	0,151 s	Synchro	Synchro	Passed
			1,750 V	-0,019 Hz	-1,716 °	0,251 s			

1,980 V	-0,019 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,019 Hz	-0,996 °	0,146 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	-0,015 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,019 Hz	-1,680 °	0,246 s			
1,980 V	-0,015 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,015 Hz	-0,781 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,015 Hz	-1,321 °	0,245 s			
1,980 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,010 Hz	-0,511 °	0,142 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	-0,005 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,010 Hz	-0,871 °	0,242 s			
1,980 V	-0,005 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,005 Hz	-0,262 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	0,000 Hz	0,000 °	1,980 V	-0,005 Hz	-0,442 °	0,245 s			
1,980 V	0,005 Hz	0,000 °	1,980 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	0,005 Hz	0,000 °	1,980 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,980 V	0,010 Hz	0,000 °	1,980 V	0,005 Hz	0,258 °	0,143 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	0,010 Hz	0,000 °	1,980 V	0,005 Hz	0,438 °	0,243 s			
1,980 V	0,015 Hz	0,000 °	1,980 V	0,010 Hz	0,536 °	0,149 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	0,015 Hz	0,000 °	1,980 V	0,010 Hz	0,896 °	0,249 s			
1,980 V	0,019 Hz	0,000 °	1,980 V	0,015 Hz	0,800 °	0,148 s	Synchro	Synchro	Passed
1,980 V	0,019 Hz	0,000 °	1,980 V	0,015 Hz	1,340 °	0,248 s			
1,750 V	0,019 Hz	0,000 °	1,980 V	0,019 Hz	0,989 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,019 Hz	0,000 °	1,980 V	0,019 Hz	1,673 °	0,245 s			
1,250 V	0,019 Hz	0,000 °	1,750 V	0,019 Hz	1,042 °	0,152 s	Synchro	Synchro	Passed
1,000 V	0,019 Hz	0,000 °	1,750 V	0,019 Hz	1,726 °	0,252 s			
0,000 V	0,019 Hz	0,000 °	1,500 V	0,019 Hz	0,991 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
-0,120 V	0,019 Hz	0,000 °	1,500 V	0,019 Hz	1,675 °	0,245 s			
-0,120 V	0,015 Hz	0,000 °	1,250 V	0,019 Hz	0,981 °	0,143 s	Synchro	Synchro	Passed
-0,120 V	0,010 Hz	0,000 °	1,250 V	0,019 Hz	1,665 °	0,243 s			
-0,120 V	0,005 Hz	0,000 °	1,000 V	0,019 Hz	0,998 °	0,146 s	Synchro	Synchro	Passed
-0,120 V	0,000 Hz	0,000 °	1,000 V	0,019 Hz	1,682 °	0,246 s			
-0,120 V	-0,005 Hz	0,000 °	0,000 V	0,019 Hz	1,029 °	0,150 s	Synchro	Synchro	Passed
-0,120 V	-0,010 Hz	0,000 °	0,000 V	0,019 Hz	1,713 °	0,250 s			
-0,120 V	-0,015 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,019 Hz	3,004 °	0,439 s	Synchro	Synchro	Passed
-0,120 V	-0,019 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,019 Hz	3,688 °	0,539 s			
0,000 V	-0,019 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,015 Hz	3,798 °	0,703 s	Synchro	Synchro	Passed
0,250 V	0,000 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,015 Hz	4,338 °	0,803 s			
0,500 V	0,000 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,010 Hz	2,159 °	0,600 s	Synchro	Synchro	Passed
0,750 V	0,000 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,010 Hz	2,519 °	0,700 s			
1,000 V	0,000 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,005 Hz	0,291 °	0,161 s	Synchro	Synchro	Passed
1,000 V	-0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,005 Hz	0,471 °	0,261 s			
1,250 V	-0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,750 V	-0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,005 Hz	-0,969 °	0,538 s	Synchro	Synchro	Passed
1,750 V	0,000 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,005 Hz	-1,149 °	0,638 s			
1,750 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,010 Hz	-3,205 °	0,890 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,010 Hz	-3,565 °	0,990 s			
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,015 Hz	-0,810 °	0,150 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,015 Hz	-1,350 °	0,250 s			
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,019 Hz	-0,986 °	0,144 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	-0,120 V	-0,019 Hz	-1,670 °	0,244 s			
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	0,000 V	-0,019 Hz	-0,978 °	0,143 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	0,000 V	-0,019 Hz	-1,662 °	0,243 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,250 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,250 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,750 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	0,750 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	1,000 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	1,000 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,000 V	-0,010 Hz	-0,537 °	0,149 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,000 V	-0,010 Hz	-0,897 °	0,249 s			
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,250 V	-0,010 Hz	-0,542 °	0,151 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,250 V	-0,010 Hz	-0,902 °	0,251 s			
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,500 V	-0,010 Hz	-0,521 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,500 V	-0,010 Hz	-0,881 °	0,245 s			
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,750 V	-0,010 Hz	-0,531 °	0,147 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	-0,010 Hz	0,000 °	1,750 V	-0,010 Hz	-0,891 °	0,247 s			
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	1,750 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,000 Hz	0,000 °	1,750 V	0,000 Hz	0,000 °	0,000 s			
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	1,750 V	0,010 Hz	0,534 °	0,148 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	1,750 V	0,010 Hz	0,894 °	0,248 s			
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	1,500 V	0,010 Hz	0,519 °	0,144 s	Synchro	Synchro	Passed
1,500 V	0,010 Hz	0,000 °	1,500 V	0,010 Hz	0,879 °	0,244 s			

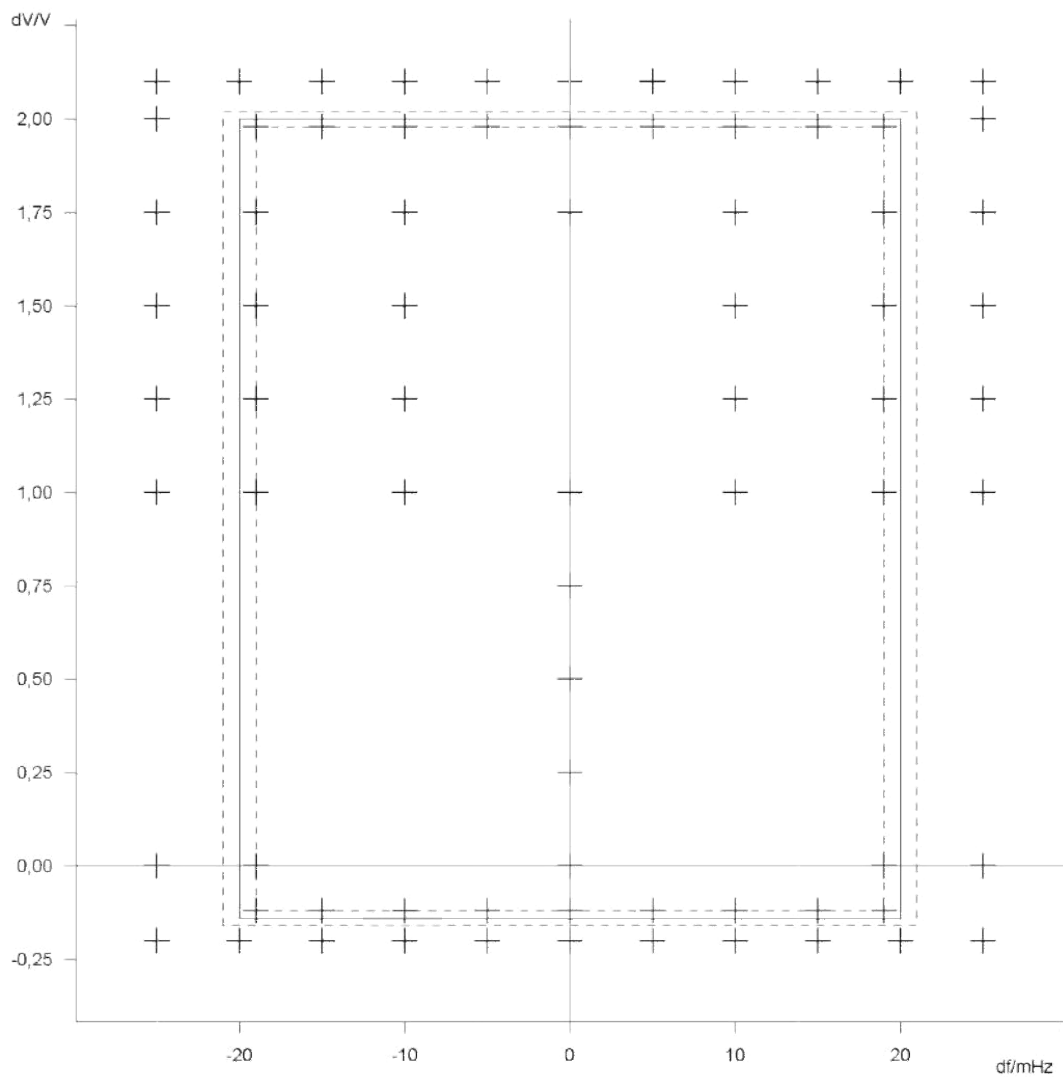
1,250 V	0,010 Hz	0,000 °	1,250 V	0,010 Hz	0,522 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
1,000 V	0,010 Hz	0,000 °	1,250 V	0,010 Hz	0,862 °	0,245 s			
			1,000 V	0,010 Hz	0,522 °	0,145 s	Synchro	Synchro	Passed
			1,000 V	0,010 Hz	0,882 °	0,245 s			

Function Test (Abs. Value)

Test point			On CB close command On CB Close			Nom. Resp.	Act. Resp.	Result
V	f	Phi	V	f	Phi			
99,800 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	49,980 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	49,985 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	49,990 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	49,995 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,000 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
99,800 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
100,000 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,000 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,250 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,500 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,750 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,000 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,025 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,020 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,015 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,010 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,005 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	50,000 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	49,995 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	49,990 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	49,985 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	49,980 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,100 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
102,000 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,750 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,500 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed

101,250 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,000 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
100,000 V	49,975 Hz	0,000 °	(n/a)	(n/a)	(n/a)	No Synchro	No Synchro	Passed
101,000 V	49,981 Hz	0,000 °	101,000 V	49,981 Hz	16,349 °	Synchro	Synchro	Passed
101,250 V	49,981 Hz	0,000 °	101,000 V	49,981 Hz	15,665 °			
101,500 V	49,981 Hz	0,000 °	101,250 V	49,981 Hz	17,992 °	Synchro	Synchro	Passed
101,750 V	49,981 Hz	0,000 °	101,250 V	49,981 Hz	17,308 °			
101,980 V	49,981 Hz	0,000 °	101,500 V	49,981 Hz	61,076 °	Synchro	Synchro	Passed
101,980 V	49,985 Hz	0,000 °	101,500 V	49,981 Hz	60,392 °			
101,980 V	49,990 Hz	0,000 °	101,750 V	49,981 Hz	132,891 °	Synchro	Synchro	Passed
101,980 V	49,995 Hz	0,000 °	101,750 V	49,981 Hz	132,207 °			
101,980 V	50,000 Hz	0,000 °	101,980 V	49,981 Hz	-20,236 °	Synchro	Synchro	Passed
101,980 V	50,005 Hz	0,000 °	101,980 V	49,981 Hz	-20,920 °			
101,980 V	50,010 Hz	0,000 °	101,980 V	49,985 Hz	104,035 °	Synchro	Synchro	Passed
101,980 V	50,015 Hz	0,000 °	101,980 V	49,985 Hz	103,495 °			
101,980 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	49,990 Hz	120,388 °	Synchro	Synchro	Passed
101,750 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	49,990 Hz	120,028 °			
101,500 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	49,995 Hz	-158,410 °	Synchro	Synchro	Passed
101,250 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	49,995 Hz	-158,589 °			
101,000 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	50,000 Hz	140,553 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	50,000 Hz	140,553 °			
99,880 V	50,019 Hz	0,000 °	101,980 V	50,005 Hz	-89,734 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	50,015 Hz	0,000 °	101,980 V	50,005 Hz	-89,554 °			
99,880 V	50,010 Hz	0,000 °	101,980 V	50,010 Hz	74,278 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	50,005 Hz	0,000 °	101,980 V	50,010 Hz	74,638 °			
99,880 V	50,000 Hz	0,000 °	101,980 V	50,015 Hz	-6,552 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	49,995 Hz	0,000 °	101,980 V	50,015 Hz	-6,012 °			
99,880 V	49,990 Hz	0,000 °	101,980 V	50,019 Hz	-114,536 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	49,985 Hz	0,000 °	101,980 V	50,019 Hz	-113,852 °			
99,880 V	49,981 Hz	0,000 °	101,750 V	50,019 Hz	-102,000 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	49,981 Hz	0,000 °	101,750 V	50,019 Hz	-101,316 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,500 V	50,019 Hz	93,988 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,500 V	50,019 Hz	94,672 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,250 V	50,019 Hz	124,457 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,250 V	50,019 Hz	125,141 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,000 V	50,019 Hz	-30,401 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,000 V	50,019 Hz	-29,717 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,000 V	50,019 Hz	63,093 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	50,019 Hz	0,000 °	100,000 V	50,019 Hz	63,777 °			
99,880 V	50,015 Hz	0,000 °	99,880 V	50,019 Hz	-33,689 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	50,010 Hz	0,000 °	99,880 V	50,019 Hz	-33,005 °			
99,880 V	50,005 Hz	0,000 °	99,880 V	50,015 Hz	56,438 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	50,015 Hz	56,978 °			
99,880 V	49,995 Hz	0,000 °	99,880 V	50,010 Hz	155,275 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	49,990 Hz	0,000 °	99,880 V	50,010 Hz	155,635 °			
99,880 V	49,985 Hz	0,000 °	99,880 V	50,005 Hz	-93,175 °	Synchro	Synchro	Passed
99,880 V	49,981 Hz	0,000 °	99,880 V	50,005 Hz	-92,995 °			
100,000 V	49,981 Hz	0,000 °	99,880 V	50,000 Hz	108,564 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	50,000 Hz	108,564 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,995 Hz	80,561 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,995 Hz	80,381 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,990 Hz	-179,849 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,990 Hz	179,791 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,985 Hz	5,460 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,985 Hz	4,920 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,981 Hz	-2,027 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	99,880 V	49,981 Hz	-2,711 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,000 V	49,981 Hz	96,844 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,000 V	49,981 Hz	96,160 °			
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,000 V	50,000 Hz	160,693 °	Synchro	Synchro	Passed
100,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,000 V	50,000 Hz	160,693 °			
100,250 V	50,000 Hz	0,000 °	100,250 V	50,000 Hz	-30,261 °	Synchro	Synchro	Passed
100,500 V	50,000 Hz	0,000 °	100,250 V	50,000 Hz	-30,261 °			
100,750 V	50,000 Hz	0,000 °	100,500 V	50,000 Hz	-145,633 °	Synchro	Synchro	Passed
101,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,500 V	50,000 Hz	-145,633 °			
101,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,750 V	50,000 Hz	-109,755 °	Synchro	Synchro	Passed
101,000 V	50,000 Hz	0,000 °	100,750 V	50,000 Hz	-109,755 °			
101,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,000 V	50,000 Hz	34,183 °	Synchro	Synchro	Passed
101,000 V	50,000 Hz	0,000 °	101,000 V	50,000 Hz	34,183 °			

101,000 V	49,990 Hz	0,000 °	101,000 V	49,990 Hz	17,337 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,000 V	49,990 Hz	16,977 °			
101,250 V	49,990 Hz	0,000 °	101,250 V	49,990 Hz	148,586 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,250 V	49,990 Hz	148,226 °			
101,500 V	49,990 Hz	0,000 °	101,500 V	49,990 Hz	20,639 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,500 V	49,990 Hz	20,279 °			
101,750 V	49,990 Hz	0,000 °	101,750 V	49,990 Hz	-31,672 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,750 V	49,990 Hz	-32,032 °			
101,750 V	50,000 Hz	0,000 °	101,750 V	50,000 Hz	152,301 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,750 V	50,000 Hz	152,301 °			
101,750 V	50,010 Hz	0,000 °	101,750 V	50,010 Hz	12,355 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,750 V	50,010 Hz	12,715 °			
101,500 V	50,010 Hz	0,000 °	101,500 V	50,010 Hz	60,815 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,500 V	50,010 Hz	61,175 °			
101,250 V	50,010 Hz	0,000 °	101,250 V	50,010 Hz	141,598 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,250 V	50,010 Hz	141,958 °			
101,000 V	50,010 Hz	0,000 °	101,000 V	50,010 Hz	-43,871 °	Synchro	Synchro	Passed
			101,000 V	50,010 Hz	-43,511 °			



Test State:
Test passed

B MANUÁL PRO VYTVOŘENÍ FUNKCE A TESTOVÁNÍ

Vytvoření funkce synchro-check pomocí programu CAP 505. Program byl nainstalován v anglickém jazyce, proto následující kroky budou též vypsány anglicky.

1. Spustit CAP 505
2. Relay Configuration Tool - heslo "abb"
3. Označit Logical POUs
 - Edit > Insert
 - Name: PROTECT
 - Type: Program
 - Language: FBD
4. Označit Tasks
 - Edit > Insert
 - Name: T10
 - Task type: CYCLYC
 - Settings > Interval: 10.0000 ms
5. Označit T10
 - Edit > Insert
 - Type: Program
 - Program instance: PROTECT
 - Program type: PROTECT
6. Označit REM 545
 - File > Edit Object Properties
 - Analog Channels
 - Channel 5 > Voltage transformer 1 > Signal Type: U12
 - Channel 5 > Measurements > Frequency Protection
 - Channel 6 > Voltage transformer 2 > Signal Type: U12b
 - Channel 6 > Measurements > Frequency Protection
7. Otevřít PROTECT
 - Add Function Block > SCVCSt1
 - Add Variable > U12 (připojit na U1 bloku SCVCSt1)
 - Add Variable > U12b (připojit na Uě bloku SCVCSt1)
 - Add Variable > BIO_5_SO1 (připojit na SC_OK bloku SCVCSt1)
 - Kompilovat list (viz. 5.10)
8. Kompilovat vše (viz. 5.10)
9. Zavřít Relay Configuration Tool

10. Otevřít Relay Download Tool
 - Záložka Send
 - Zaškrtnout Relay Configuration a RCT Project
 - Zaškrtnout Store + Reset
 - Stisknout Send
11. Otevřít Relay Settings Tool
12. Záložka Protection > Záložka SVCVSt1
13. Záložka Setting group1
 - Umax: 1 xUn
 - Umin: 0,7 xUn
 - dU: 0,02 xUn
 - dphase: 5 °
 - df: 0,02 Hz
 - Transfer > Download > Current page
14. Záložka Control setting
 - Energizing mode: Not in use
 - Operation mode: Continuous mode
 - Synchro mode: Asynchr. mode
 - Operate time: 0,1 s
 - Check time: 0,05 s
 - Close pulse: 0,4 s
 - Oper. time of CB: 0,1 s
 - Basic angle: 0 °
 - Group selection: Group 1
 - Reset registers: Reset
 - Voltage combine: Disabled
 - Event mask 1-4: 255
 - Transfer > Download > Current page

Nastavení programu Synchronizer pro otestování funkce synchro-check.

1. Spustit Omicron Test Universe > Modul Synchronizer
2. Parametry > Konfigurace Hardwaru
3. Záložka Obecné > Podrobnosti > Výstupy proudu: <nepoužito>
4. Záložka Analogové vstupy
 - S1 V L1-L2
 - S2 V L1-L2
5. Parametry > Objekt testu > Zařízení (Data zde zadaná jsou určena pro popis zařízení v rámci výsledné zprávy o testu)
 - Název/popis: Terminál točivého stroje

- Výrobce: ABB
 - Zařízení: REM 545
 - Výrobní číslo: 339056
- (Všechna ostatní data zůstávají beze změny)
6. Parametry > Objekt testu > Synchronizer
 7. Záložka Ochranné zařízení
 - Směr otáčení: L1-L2-L3 (pro oba systémy)
 - Připojená napětí: L1-L2 (pro oba systémy)
 - Spustit/uvolnit: Souvislý
 8. Záložka Synchronizace okna
 - $|\Delta f_{\max}|$: 0.00 mHz
 - $|\Delta f_{\min}|$: 0.00 mHz
 - $\Delta f <$: -190.0 mHz
 - $\Delta f >$: 190.0 mHz
 - $\Delta \Phi$: 5.00 °
 - $\Delta V >$: 2.000 V
 - $\Delta V <$: -140.0 mV
 - Tolerance Φ - absolutní: 0.00 °
 - Tolerance Φ - relativní: 0.000 %
 - Tolerance f - absolutní: 10.00 mHz
 - Tolerance f - relativní: 5.263 %
 - Tolerance V - absolutní: 20.00 mV
 - Tolerance V - relativní: 1.000 %
 9. Záložka Nastavení na úvodní obrazovce > Max. synchro: 60 s

Po nastavení všech parametrů a informací následuje výběr testovaných bodů. Bude proveden jednoduchý test ověření funkce.

1. Záložka Funkce
2. Systém 1: Ponechat beze změny (Systém 1 simuluje parametry sítě)
3. Systém 2: Nastavit bod/y pomocí absolutních hodnot nebo odchylek od Systému 1 > Přidat
4. Spustit test

Tvorba protokolu o výsledku testu je součástí modulu Synchronizer.

1. Test > Test report
2. Soubor > Tisk

C OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Přiložené CD obsahuje dokumenty a soubory vycházející z této práce.

Ve složce PDF je vložen dokument s výsledkem testu konfigurace, který byl proveden pomocí testeru ochran Omicron 256+. Dále je zde vložena elektronická verze této práce.

Složka CMC 256+ obsahuje soubor programu Synchronizer s nastavením synchronizačního okna a testovanými soubory.

Konfigurace funkce synchro-check vytvořená programem CAP 505 je vložena do složky CAP. Konfigurace je formou projektu. Celá složka projektu "CEKL" přijde nahrát do adresáře programu CAP 505, standardně C:\CAP 505\PRJ. Poté stačí projekt otevřít v programu CAP 505 a uložit do terminálu točivého stroje jak je popsáno v 5.1.