

Aplikace měničů frekvence u malých větrných elektráren

Václav Sládeček

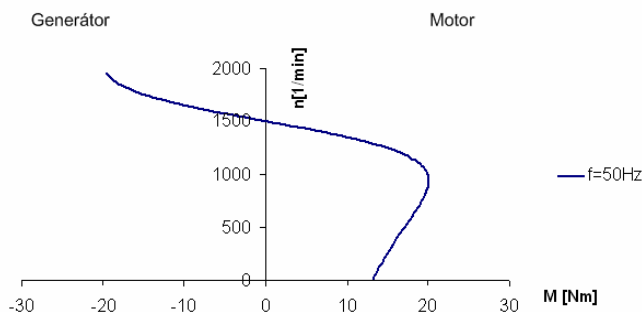
VŠB-TU Ostrava, FEI, Katedra elektroniky, 17. listopadu 15,
708 33 Ostrava - Poruba

Abstract:

Příspěvek se zabývá možnostmi využití nové řady měničů frekvence SIEMENS, umožňujících čtyřkvadrantový provozní režim. V příspěvku jsou uvedeny požadavky na nutnou konfiguraci hardware měniče, který umožní rekuperaci energie do napájecí sítě. Těto možnosti je využíváno při provozu malé větrné elektrárny realizované pomocí asynchronního generátoru, který umožňuje dodávku energie do napájecí sítě prostřednictvím tohoto měniče. V příspěvku jsou uvedeny zkušenosti získané při ověřovacím provozu v laboratorních podmínkách na zařízení o výkonu jednotek kilowattů.

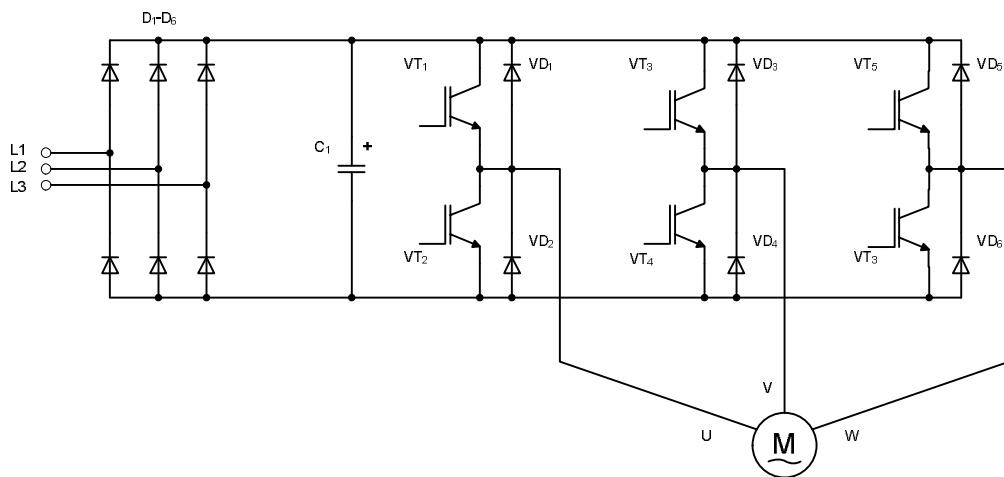
1. Princip činnosti asynchronního generátoru

Model malé větrné elektrárny je realizován prostřednictvím asynchronního motoru, pracujícího v generátorickém režimu. Jde vlastně o případ, který je v odborné terminologii nazýván jako „generátorické brzdění asynchronního motoru“. Při tomto způsobu brzdění zůstává indukční stroj připojený na síť tak, jako kdyby pracoval v motorickém režimu. Nemění se ani směr otáčení rotoru, ale mění se jeho rychlost. Točivý moment způsobený zátěží (kterou představují lopatky vrtule větrné elektrárny), působí ve stejném smyslu, jako točivý moment motoru. Jestliže se otáčky rotoru zvětší nad otáčky točivého pole (synchronní otáčky), změní se smysl relativní rychlosti vinutí rotoru k točivému poli statoru. Tím se změní smysl indukovaného napětí ve vinutí rotoru k točivému poli a současně i směr proudu rotoru. Vlivem toho, že se změní směr proudu rotoru, změní se i směr činné složky statorového proudu. Motor neodebírá činný proud, ale dodává ho do sítě a pracuje jako generátor. Jalová složka proudu statoru (magnetizační proud) zůstává stejná, jako kdyby stroj pracoval v motorickém režimu. Stroj odebírá ze sítě jalový proud, aby mohl dodávat do sítě činný proud. Otáčky rotoru jsou větší než otáčky točivého pole $n_s > n_z$. Vlivem toho bude skluz záporný a záporný bude i elektrický výkon rotoru. Rotoru tedy musí být přiveden mechanický výkon, aby stroj mohl běžet jako generátor. Uvedená problematika je zřejmá z obr.1.



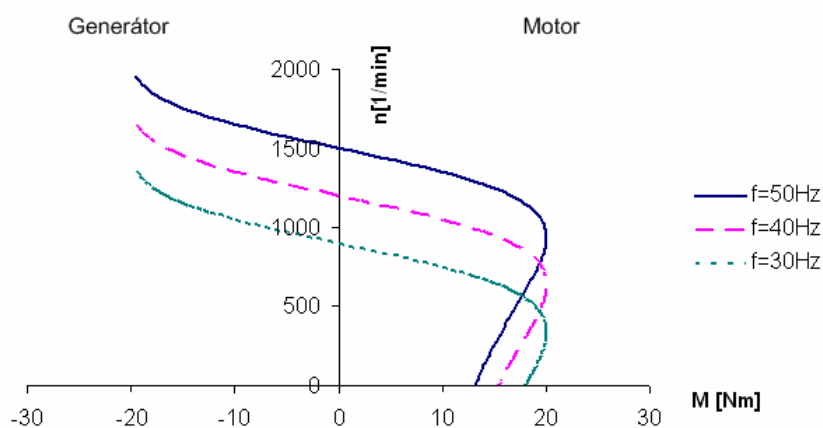
Obr. 1 Mechanická charakteristika asynchronního motoru v motorickém a generátorickém režimu.

Z uvedených průběhů je zřejmé, že asynchronní motor může v generátorickém režimu při přímém připojení k napájecí síti pracovat pouze v případě, kdy vstupní otáčky budou větší, než jsou synchronní otáčky motoru, které jsou pevně dány kmitočtem napájecí sítě $f=50$ Hz. V případě, kdy budeme požadovat generátorický chod i při nižších vstupních otáčkách se u malých větrných elektráren jeví jako velice výhodné, použít napájení prostřednictvím měniče kmitočtu (pracujícího například s režimem $U/f = K$), který zajistí možnost generátorického brzdění i pro nižší otáčky než jsou jmenovité otáčky použitého asynchronního motoru.



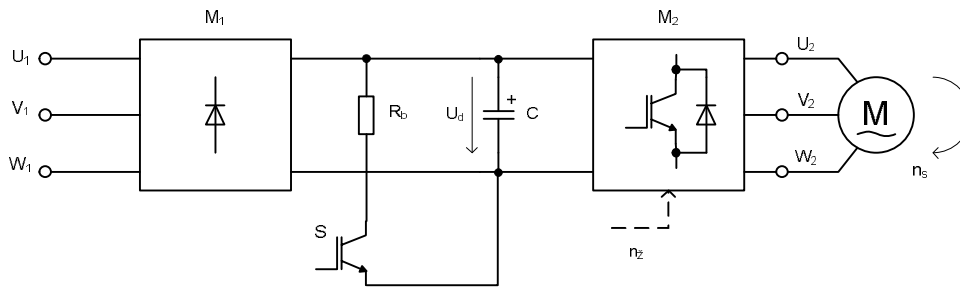
Obr. 2 Zapojení výkonové části standardního měniče frekvence

Na obr. 2 je pro názornost uvedeno zapojení výkonové části standardního měniče frekvence. Toto zapojení umožňuje provozovat asynchronní stroj v motorickém režimu v rozsahu otáček, odpovídajících změně výstupního kmitočtu. V případě brzdění, tj. když jsou otáčky stroje větší, než je kmitočet napájecího napětí dochází k vracení energie do meziobvodu, tvořeného kondenzátorem C_1 . Pokud nedojde k odebrání energie z meziobvodu, začne na kondenzátoru stoupat napětí a při překročení jeho kritické velikosti dojde k zablokování měniče.

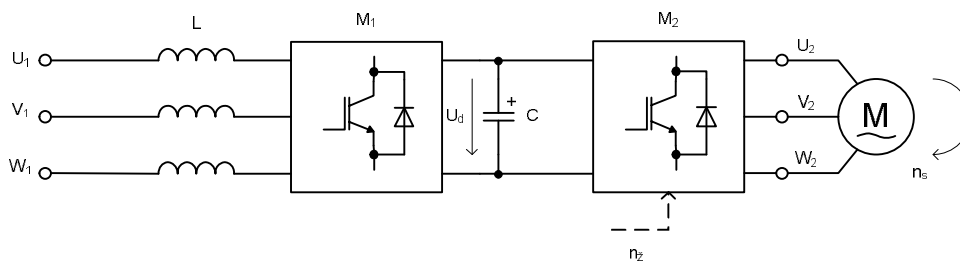


Obr. 3 Mechanická charakteristika asynchronního motoru v motorickém a generátorickém režimu při frekvenčním řízení $U/f = K$

2. Měníče kmitočtu pro generátorický provoz



Obr. 4 Zapojení asynchronního generátoru při napájení z měniče kmitočtu bez možnosti rekuperace



Obr. 5 Zapojení asynchronního generátoru při napájení z měniče kmitočtu s možností rekuperace

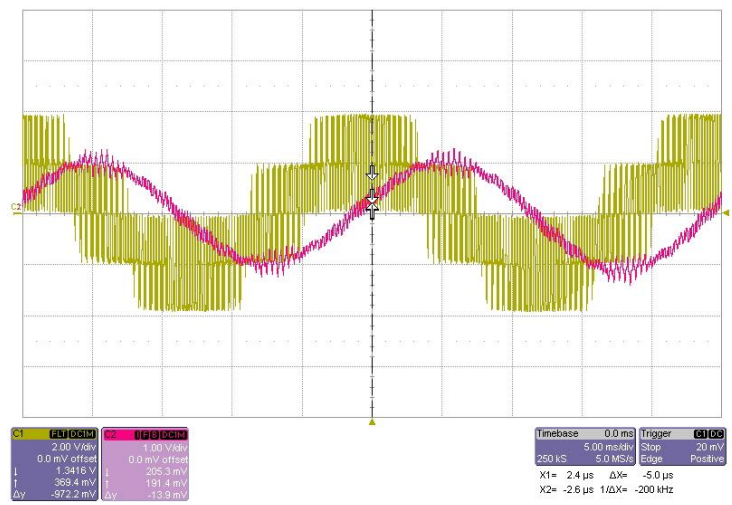
Na obr. 4 je uvedeno zapojení používané, např. u měničů SIEMENS Masterdrives 6SE70... Výkon, získaný při generátorickém režimu je mařen v odporu R_b , spínaného spínačem S , podle velikosti napětí v meziobvodu. Teoreticky je sice možné již i na tuto stejnosměrnou stranu připojit požadovanou zátěž, tato aplikace však má jen velmi omezené využití.

Podstatně lepších vlastností je možné dosáhnout s novou řadou měničů SIEMENS Sinamics S120 (viz. obr.5), jehož vstupní strana je realizována prostřednictvím pulzního usměrňovače, čímž je zajištěn čtyřkvadrantový chod celého měniče, tzn., že tato koncepce umožňuje dodávat výkon zpátky do napájecí sítě. Obě tyto varianty pochopitelně umožňují i provoz v tzv. „ostrovním režimu“, tj. i při nepřipojení na napájecí síť. Pak je však nutno zajistit před vlastním spuštěním měniče počáteční aktivaci (nabití kondenzátoru) meziobvodu.

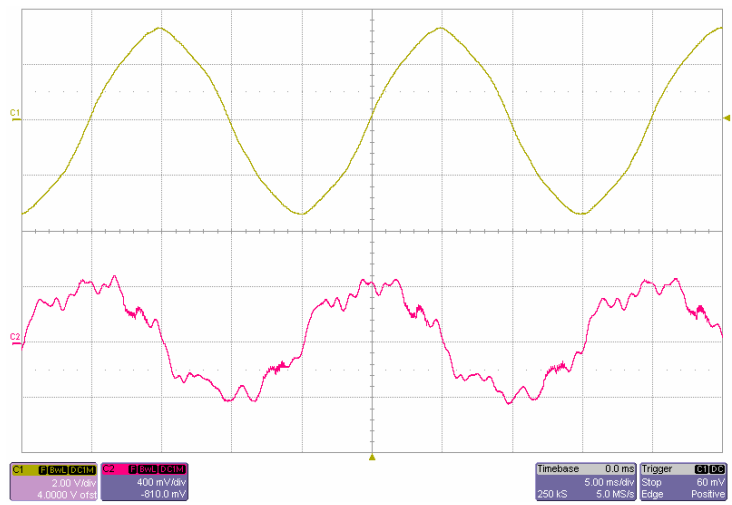
Žádaná hodnota výstupní frekvence měniče je zadávána prostřednictvím rekonstrukce otáček asynchronního generátoru v závislosti na rychlosti proudění větru, přičemž v požadovaném pracovním rozsahu musí být vždy splněna podmínka $n_s > n_z$.

3. Dosažené výsledky

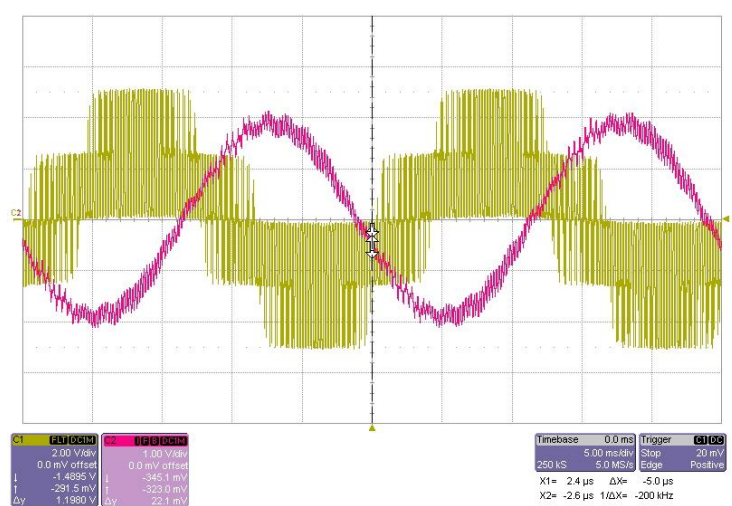
Na následujících obrázcích jsou uvedeny výsledky, dosažené při brzděném režimu čtyřpólového asynchronního generátoru se jmenovitým výkonem $P_n = 7,5 \text{ kW}$.



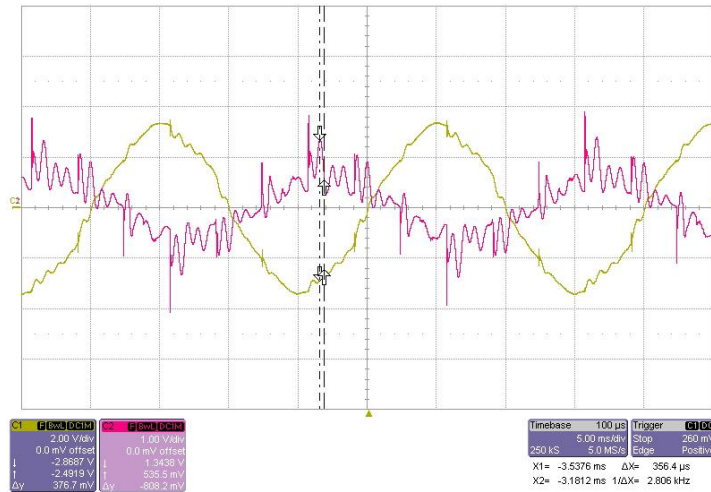
Obr. 6 Průběh napětí (C1) a proudu (C2) na výstupní straně měniče při chodu naprázdno.



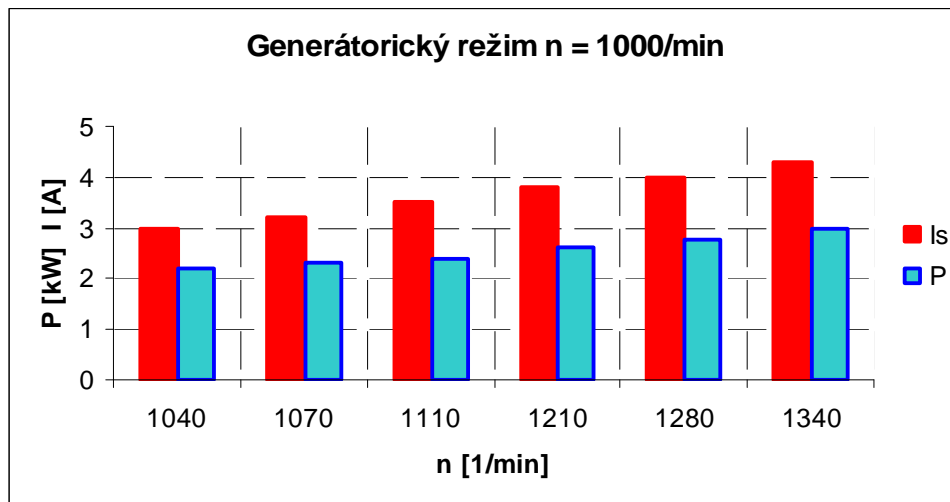
Obr. 7 Průběh napětí (C1) a proudu (C2) na vstupní straně měniče při chodu naprázdno.



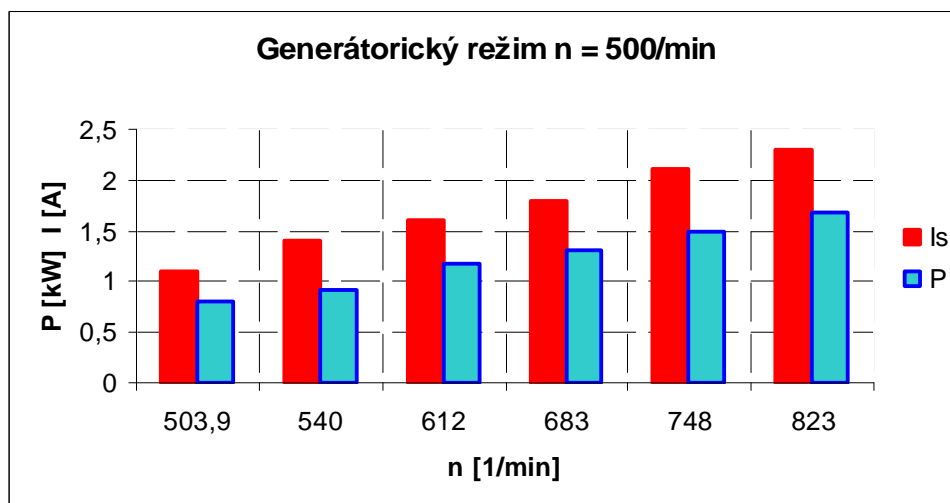
Obr. 8 Průběh napětí (C1) a proudu (C2) na výstupní straně měniče při generátorickém režimu.



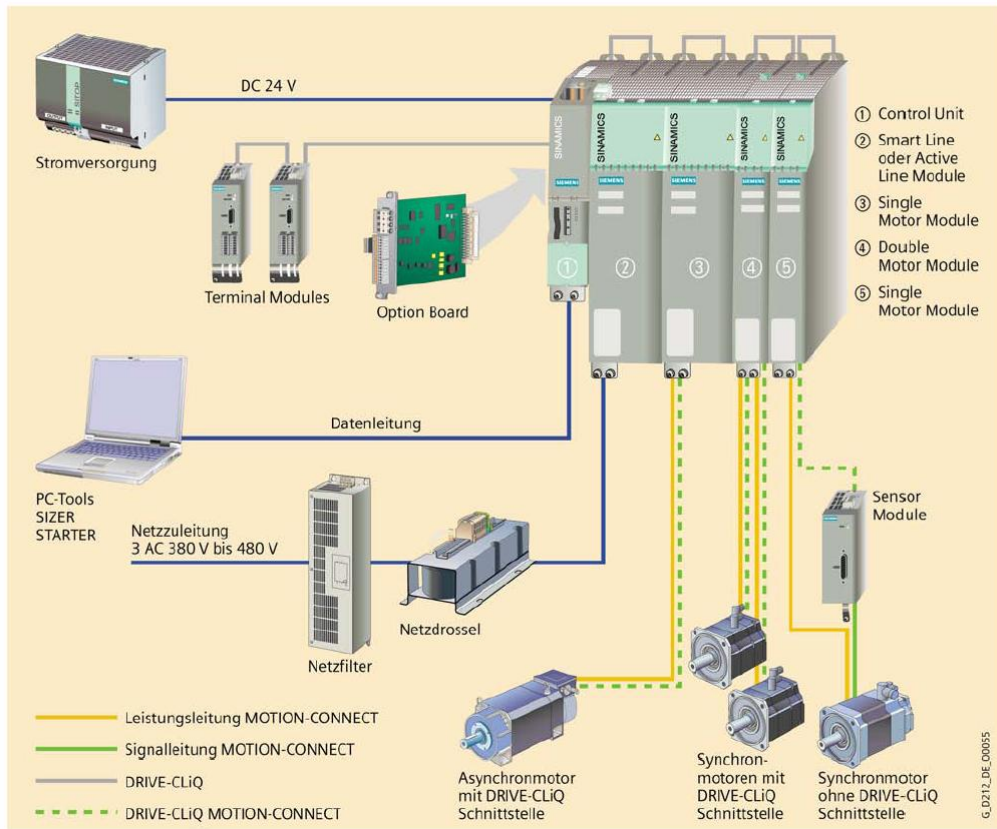
Obr. 9 Průběh napětí (C1) a proudu (C2) na vstupní straně měniče při generátorickém režimu.



Obr. 10 Proud a výkon při generátorickém režimu při $n_z = 1000/min$.



Obr. 11 Proud a výkon při generátorickém režimu při $n_z = 500/min$.



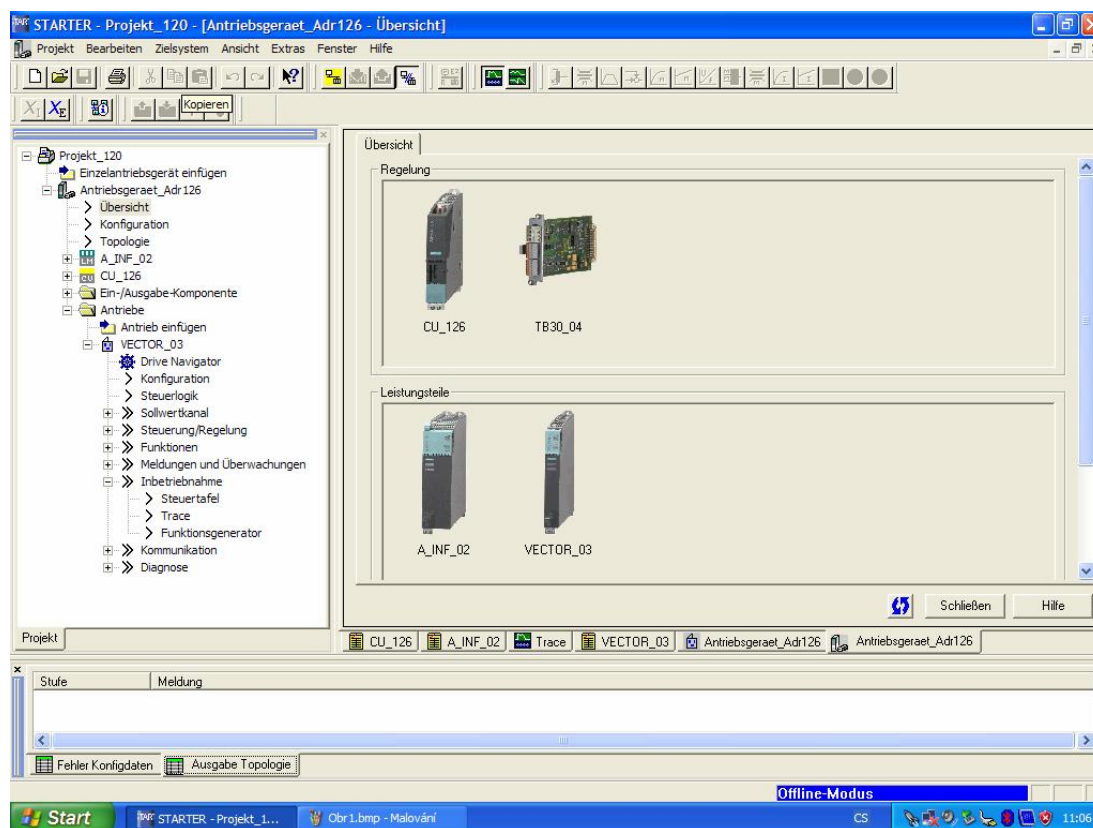
Obr. 12 Blokové schéma měniče kmitočtu SINAMICS S120



Obr. 13 Realizované vývojové pracoviště



Obr. 14 Zatěžovací stanoviště



Obr. 15 Způsob komunikace s měničem

Komunikace s vlastním měničem kmitočtu byla realizována prostřednictvím programu STARTER (viz. obr. 15), prostřednictvím univerzální sběrnice PROFIBUS DP. Výhodou tohoto způsobu je relativně jednoduchá změna požadovaných parametrů s možností jejich vizualice jak v off-line, tak i on-line režimu.

4. Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo, poukázat alespoň v základních rysech na možnosti uplatnění nových moderních měničů kmitočtu i mimo jejich standardní možnosti použití. Zároveň lze na zatím provedených měřeních demonstrovat možnosti použití popisované metody a rozšířit oblasti použití takto koncipovaných malých větrných elektráren i v oblasti relativně malých otáček.

Literatura

[1] Sinamics S120 Vector Control Antriebsystem, Katalog D 21.1 2005

[2] <http://www.siemens.cz/pohony>

Příspěvek vznikl za podpory projektu MSM: 6198910007.