



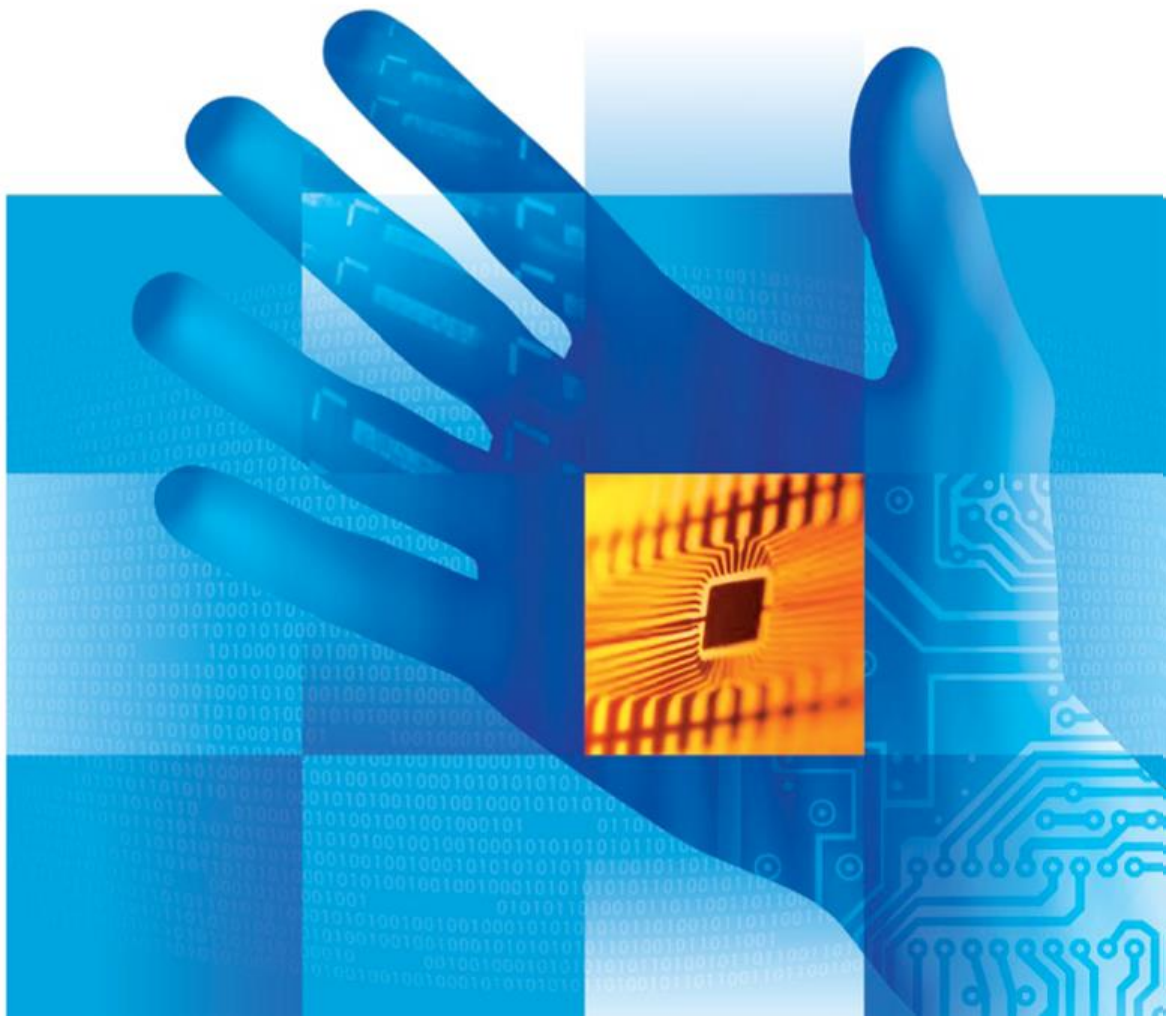
Metody řízení moderních soustav s akumulací elektrické energie

Autoři:

Ing. Martin Sobek Ph.D.

Ing. Aleš Havel Ph.D.

Rožnov Pod Radhoštěm,
Perspektivy Elektroniky 2016





Úvod – měniče pro technologické centrum ENET

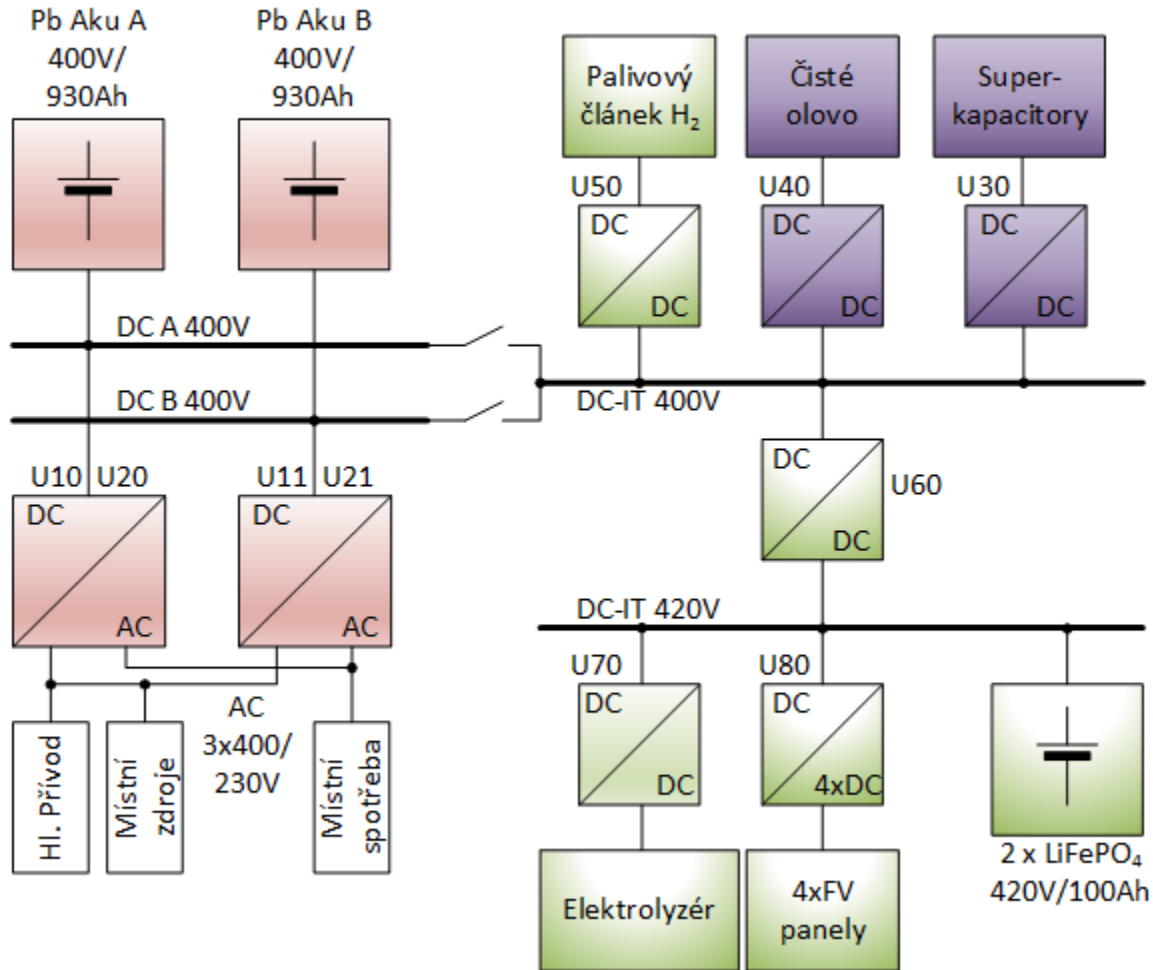
Naše katedra v rámci výstavby technologického centra ENET byla zapojena do vývoje výkonových měničů pro toto centrum. Jednalo se o tři samostatné úkoly v rámci celého centra.

1. Měniče pro akumulaci elektrické energie.
2. Měniče pro vodíkové technologie
3. Měniče pro doplňkové zdroje



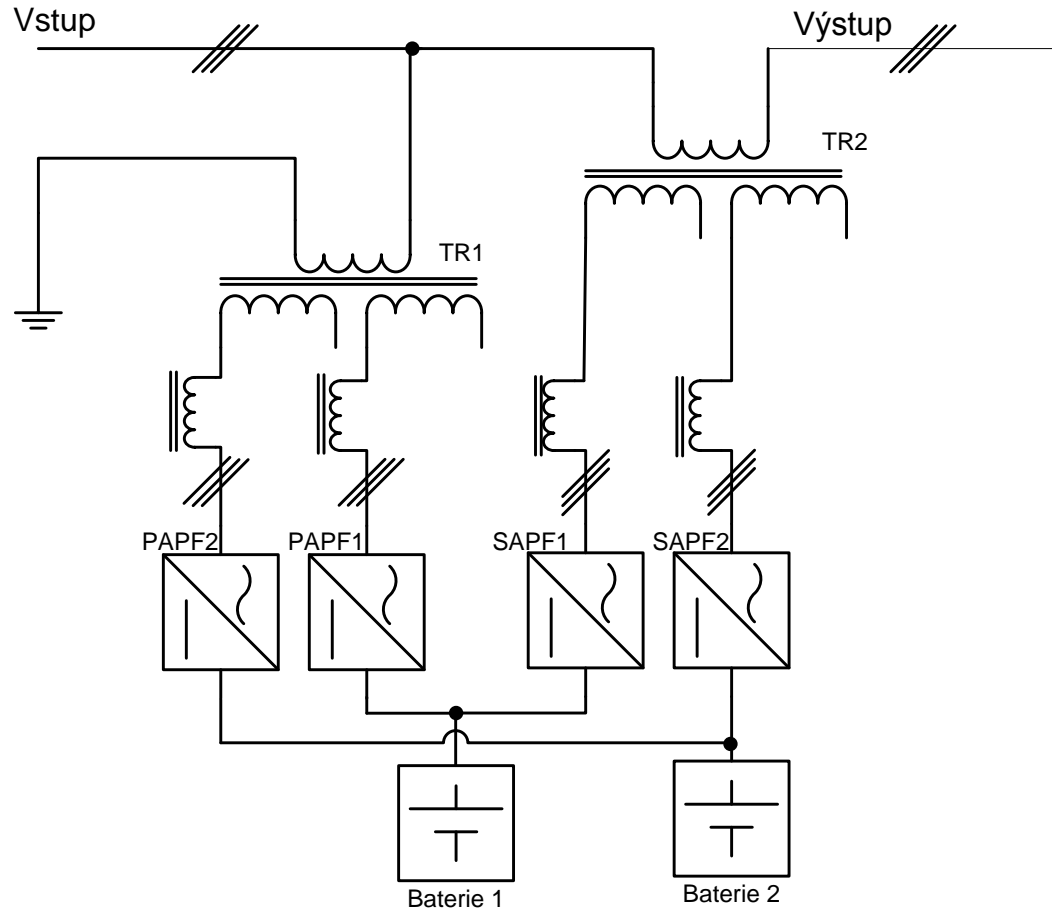


Principiální blokové schéma elektrických technologií centra ENET



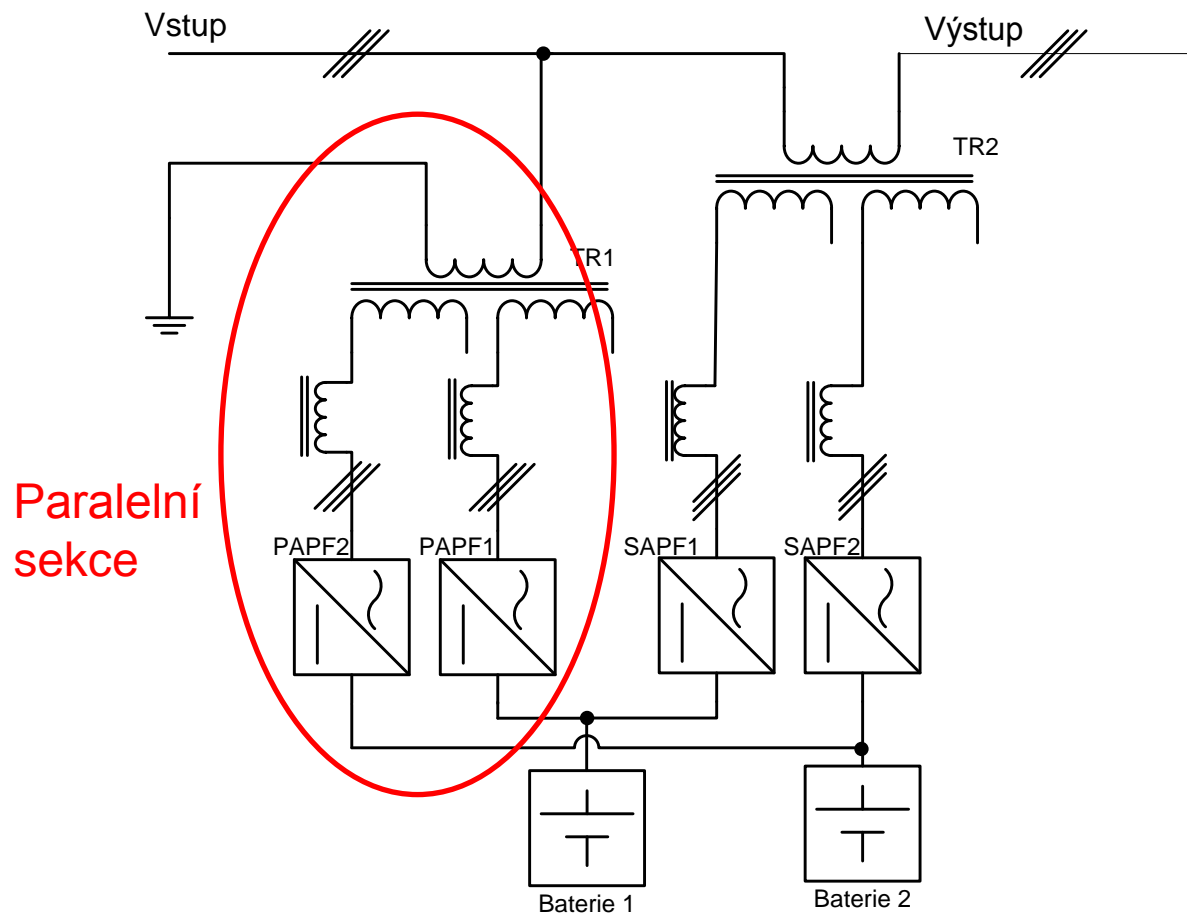


Blokové schéma zapojení měničů pro akumulaci elektrické energie



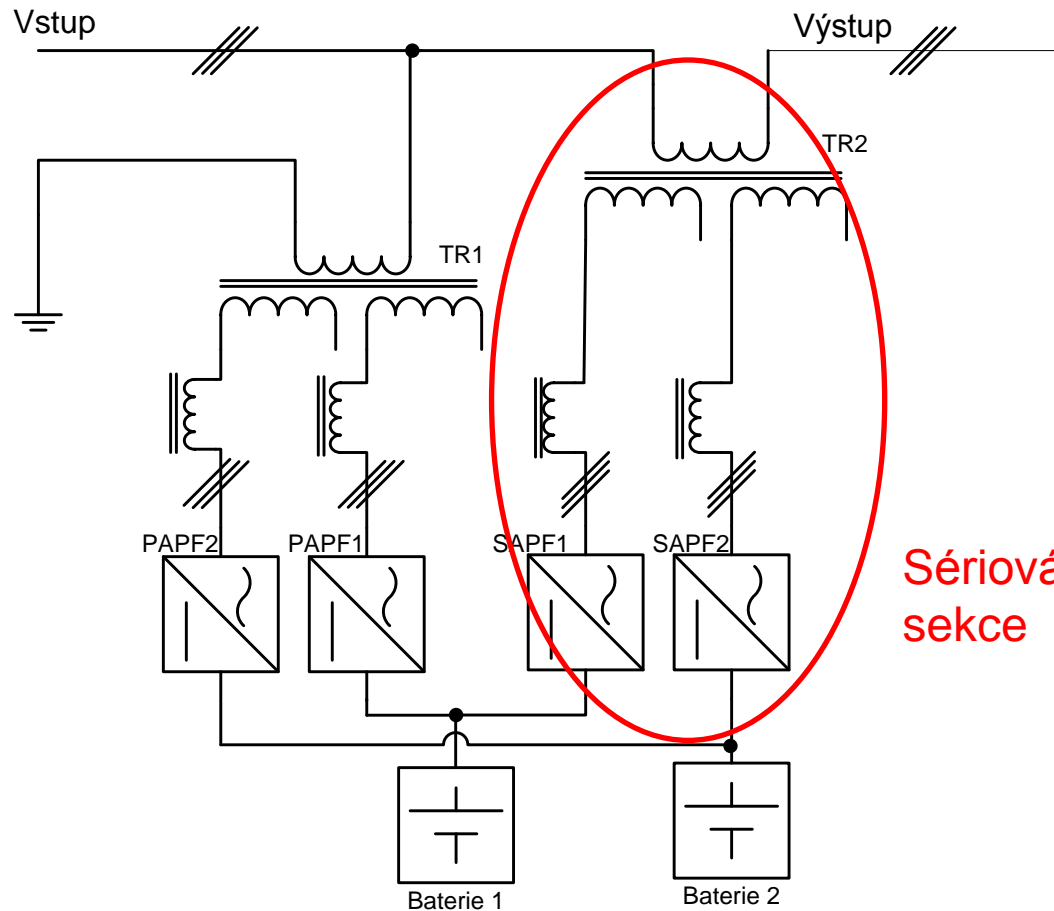


Blokové schéma zapojení měničů pro akumulaci elektrické energie





Blokové schéma zapojení měničů pro akumulaci elektrické energie





Akumulátorové Baterie 2 x 400V/930Ah

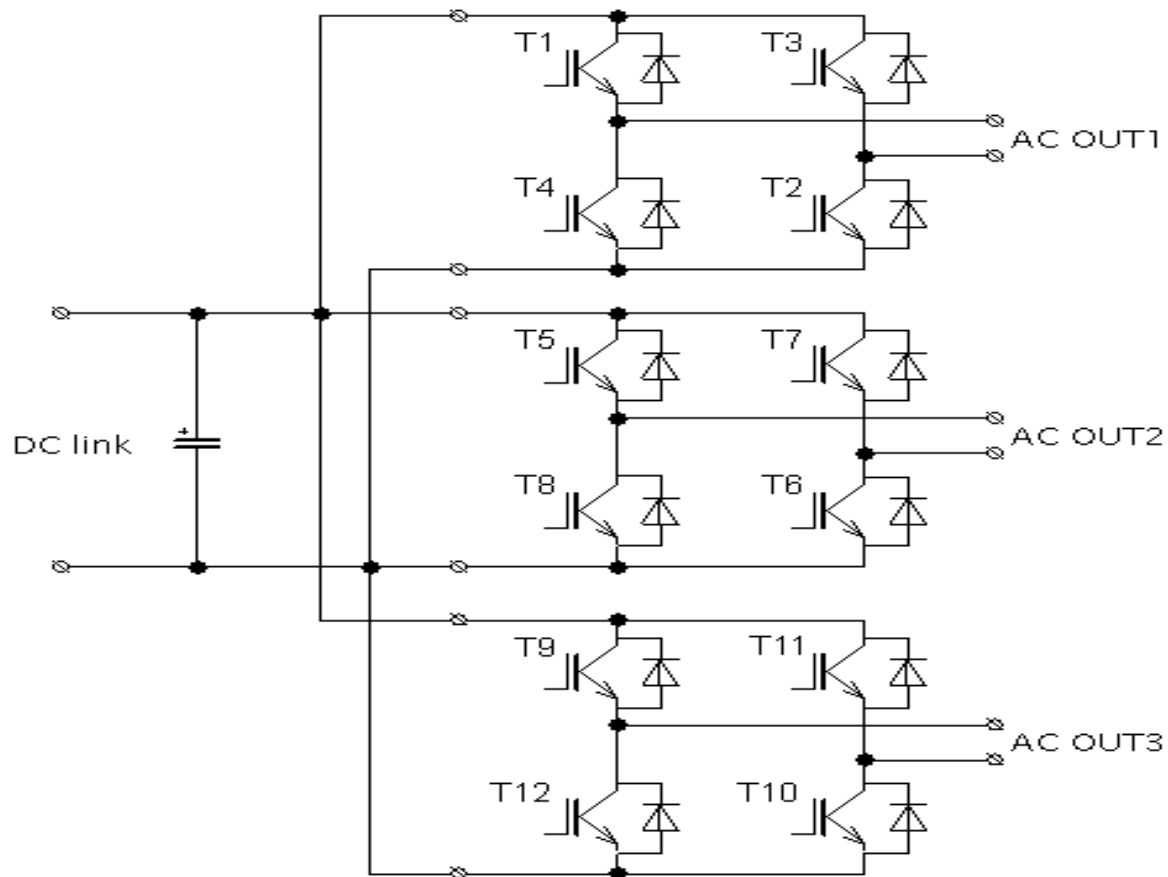
Původní záměr jedné baterie o 400 článcích v sérii byl nahrazen dvěma akumulátorovými bateriemi o 200 článcích. Důvodem bylo, že napětí při nabíjení by překročilo 1kV.

Akumulátorová baterie je tvořena olověnými trakčními akumulátory o kapacitě 930Ah. Baterie je tvořena 5 bloky s 40 články, na obrázku je jeden blok.



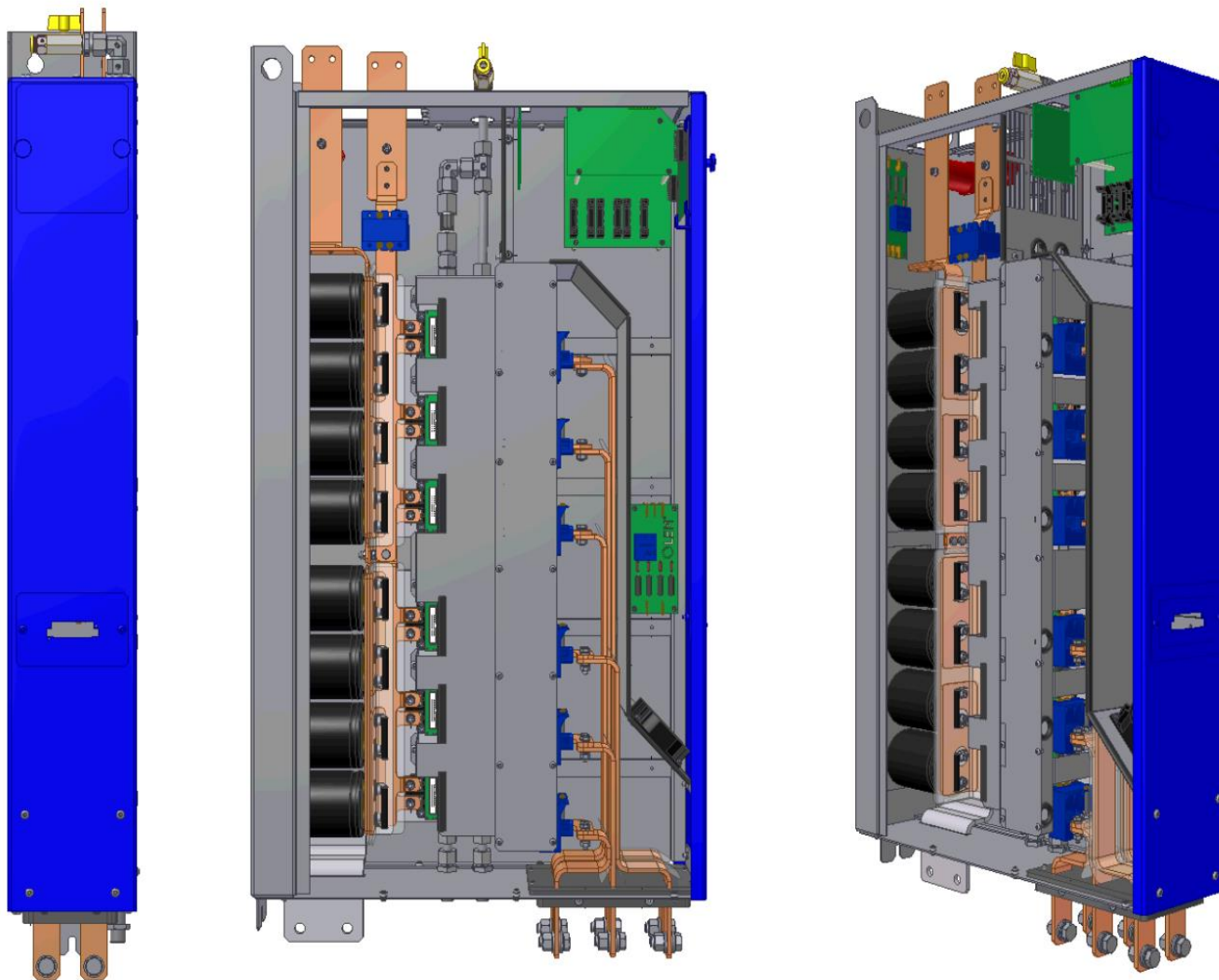


Schéma zapojení výkonové jednotky měniče





Model - výkonové jednotky měniče





Výkonový měnič - Parametry

Parametry a vlastnosti měničů pro paralelní a sériovou větev:

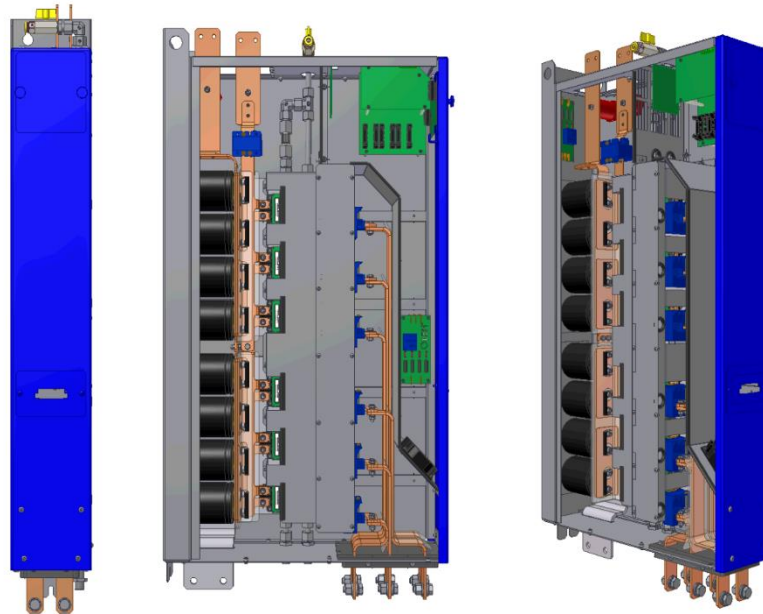
Maximální napětí meziobvodu: **800V**. Jmenovité napětí 400V

Maximální proud jedné výstupní větve: **200A**.

Chlazení vodou s minimálním průtokem 4,5 l/min a teplotě na vstupu max. 35°C.

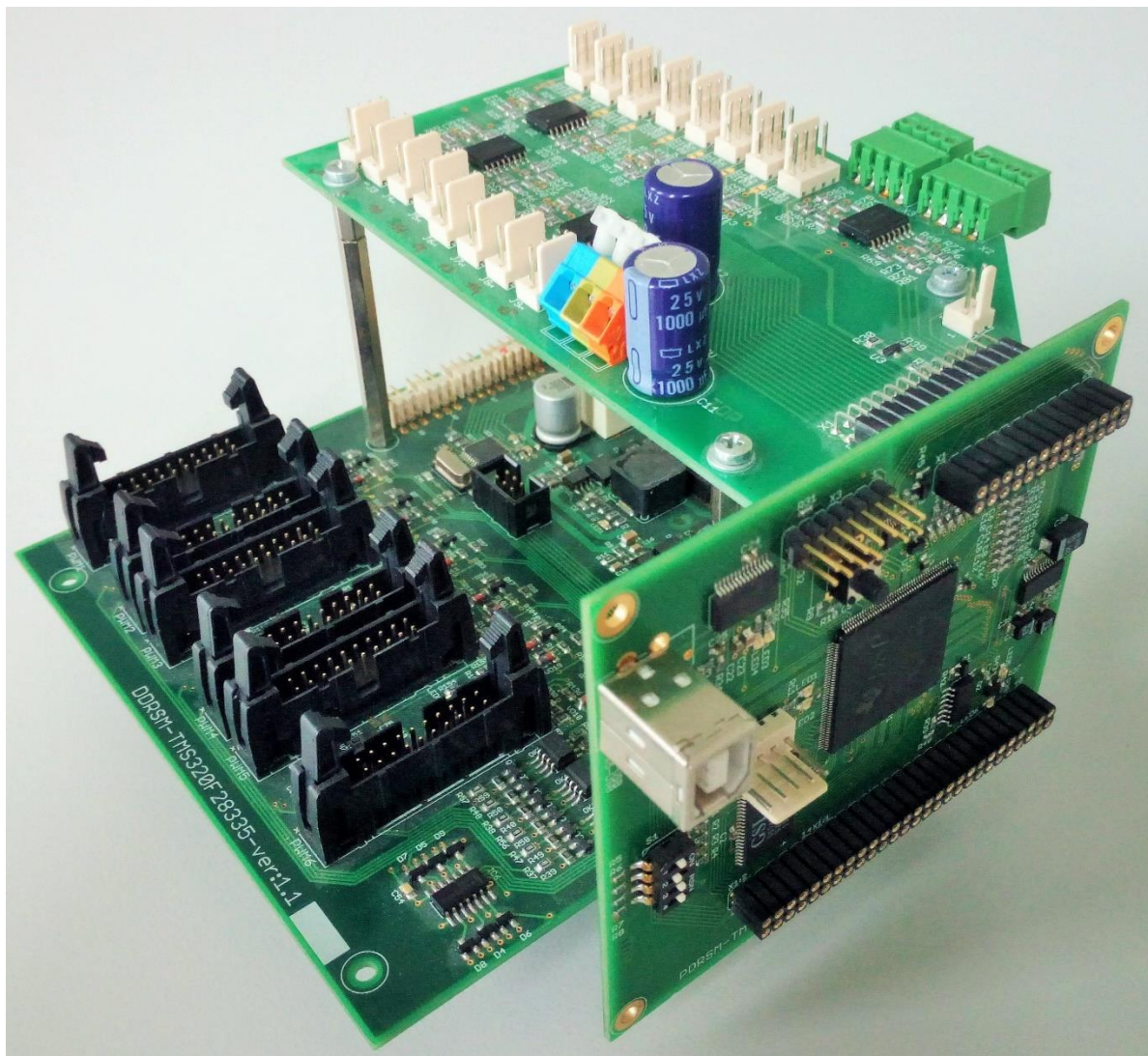
Navržený výkon paralelní větve je 70kW a sériové větve 30kW, výkon měniče je omezen maximálním střídavým proudem filtrační kapacity v meziobvodu.

Řídicí systém vlastní konstrukce s DSC firmy Texas Instruments TMS320F28335





Řídicí systém s TMS320F28335

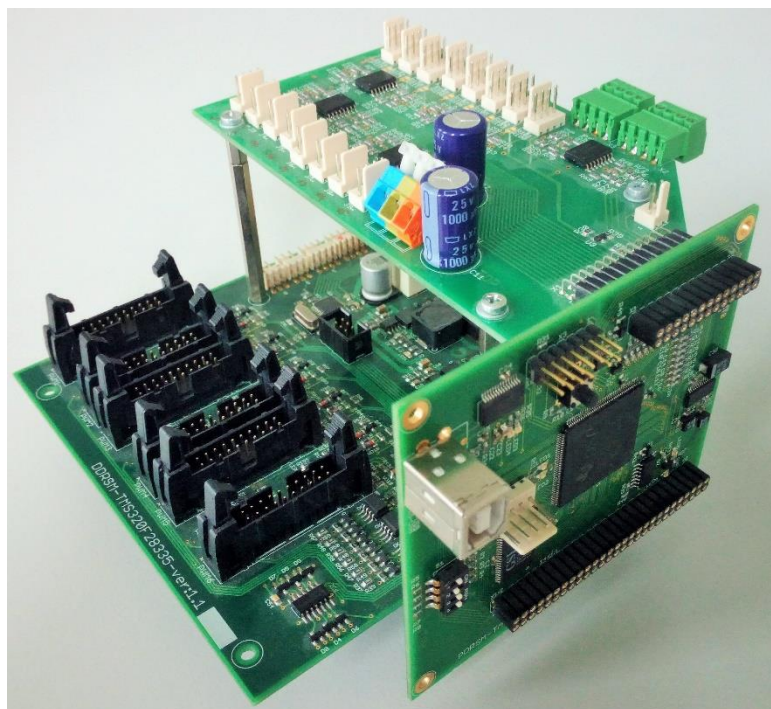




Řídicí systém s TMS320F28335

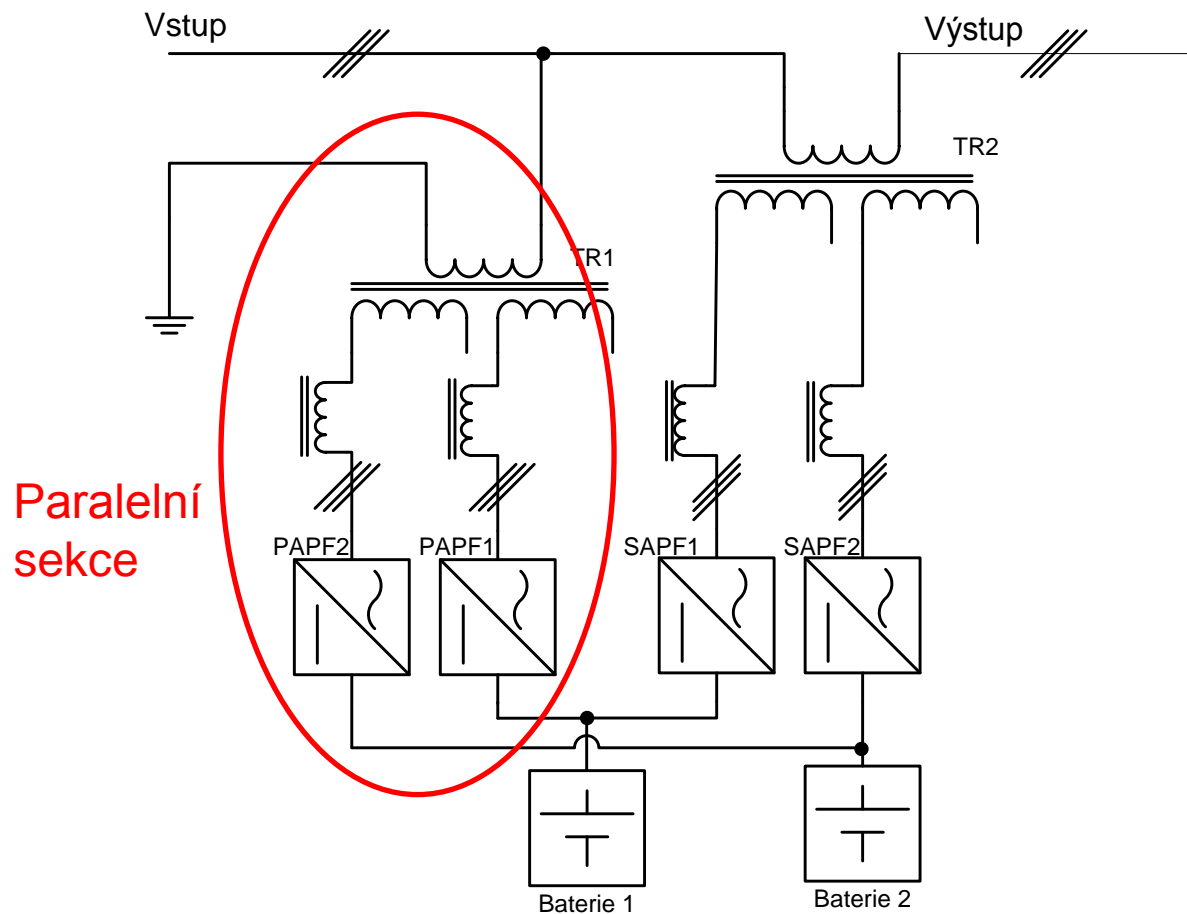
Vlastnosti a parametry řídicího systému s DSC TMS320F28335

- Základem digitální signálový mikrokontrolér s výpočty v plovoucí čárce TMS320F28335, taktovací frekvence 150MHz, instrukční cyklus 6,67ns.
- 16 analogových vstupů, 4 analogové výstupy, rozlišení 12 bitů.
- 6 výstupů pro připojení výkonových budičů včetně jejich napájení, celkem 12PWM výstupů, synchronizace PWM mezi jednotlivými měniči.
- Měření teplot výkonových modulů a průtoku chladiva chladičem.
- Komunikační rozhraní: PC - USB, RS422/485 – nadřazený systém.



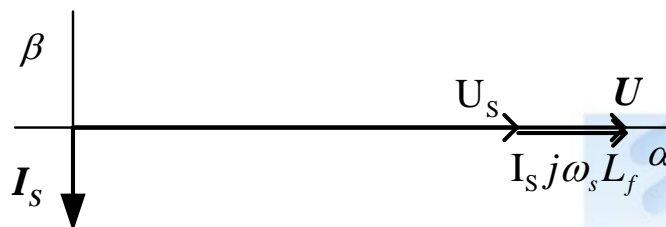
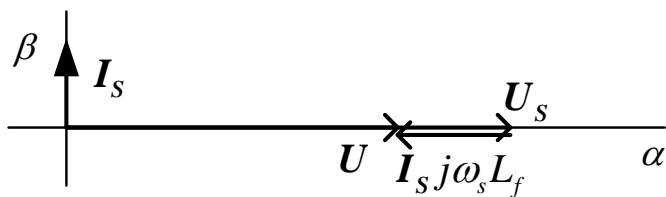
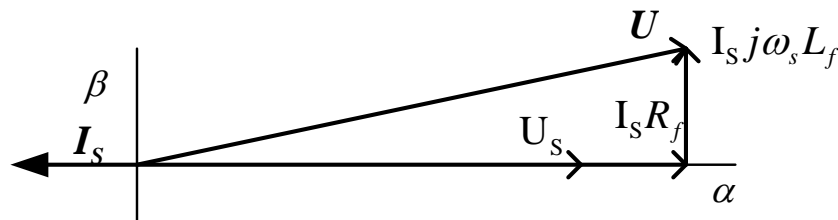
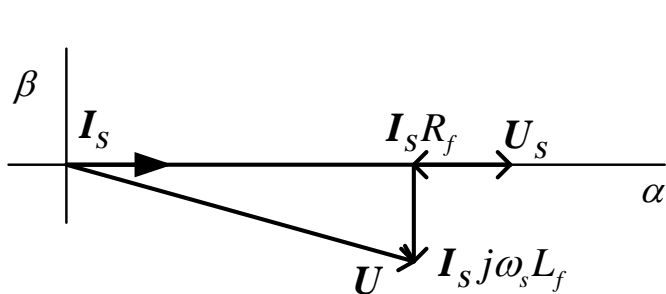
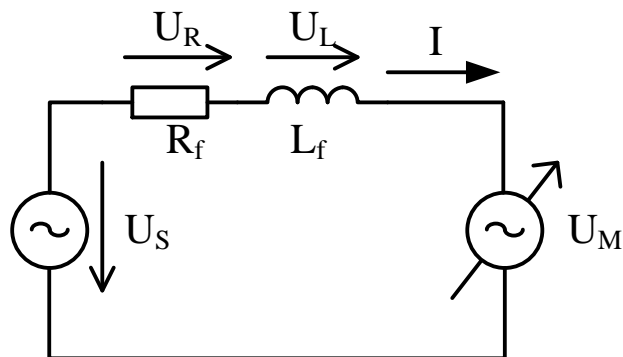


Řízení měničů paralelní sekce – pulzní usměrňovač





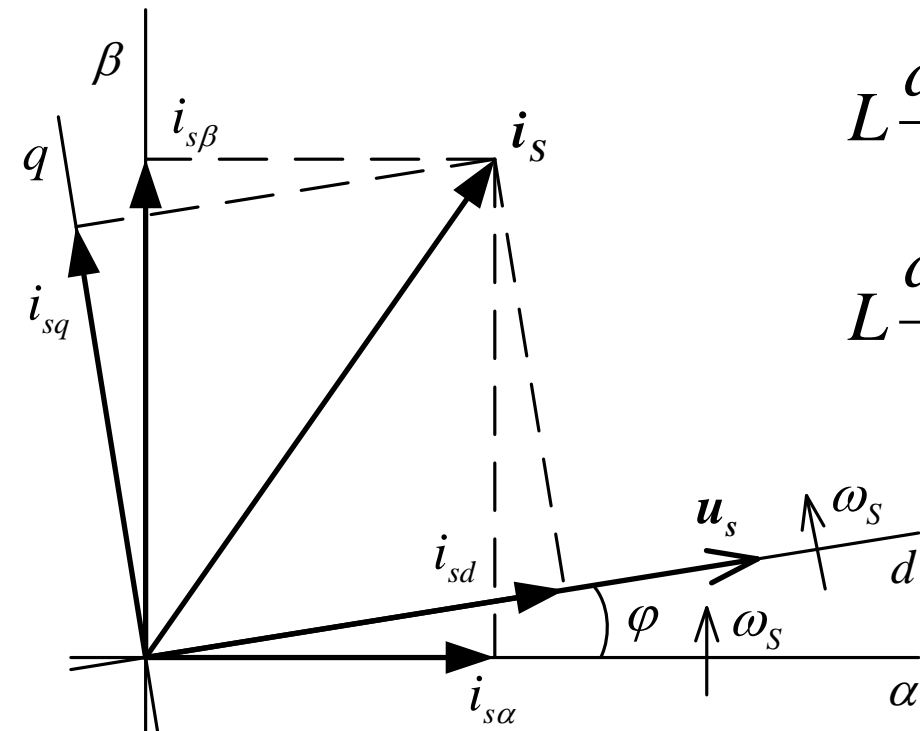
Princip funkce pulzního usměrňovače





Vektorové řízení pulzního usměrňovače

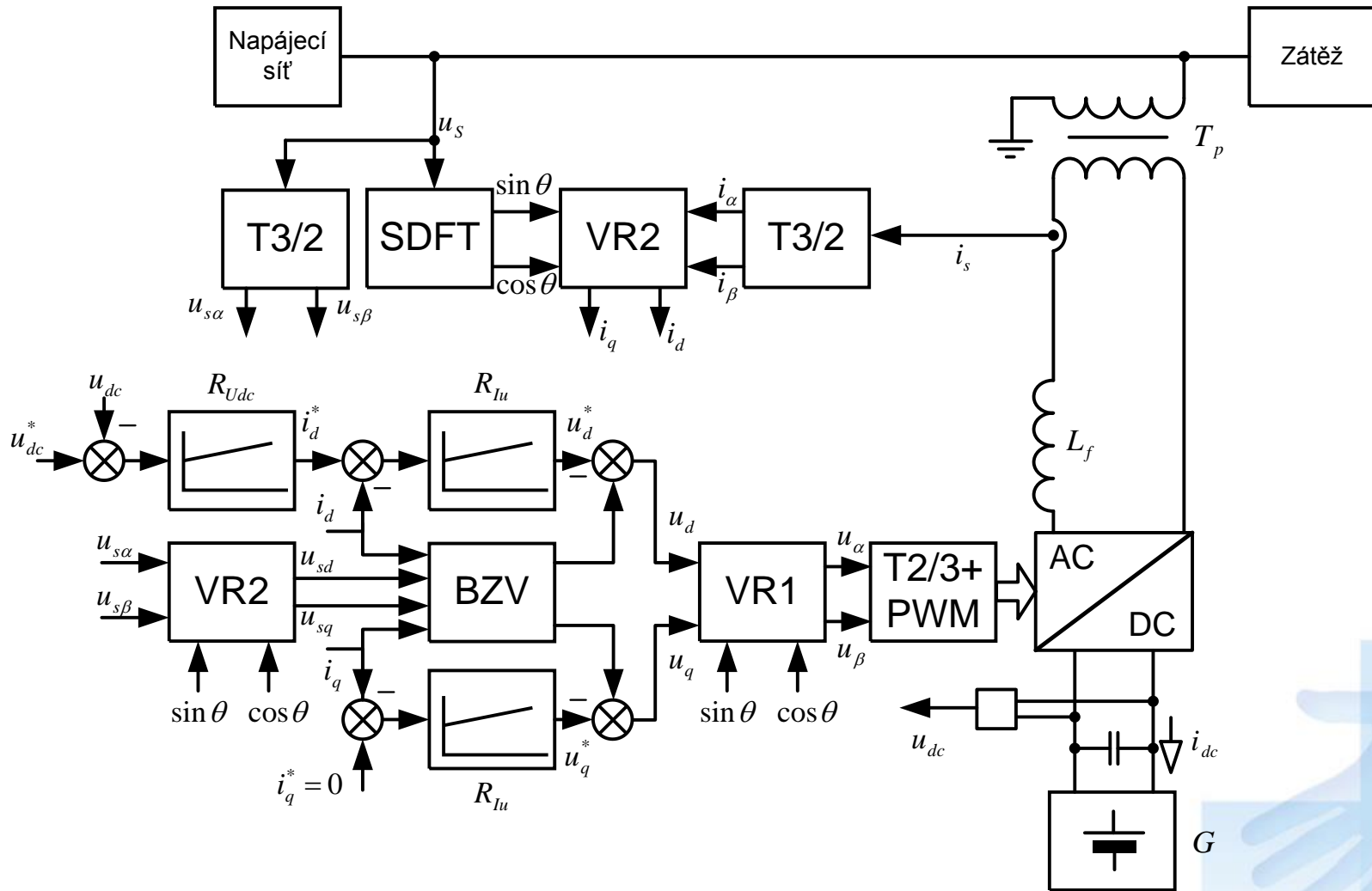
- Základní princip vektorového řízení pulzního usměrňovače je v rozkladu „prostorového“ vektoru vstupního síťového proudu na dvě navzájem kolmé složky podle „prostorového“ vektoru síťového napětí, kdy tyto dvě kolmé složky představují činný a jalový proud odebíraný ze sítě respektive dodávaný do sítě.
- Regulace těchto složek nám pak umožňuje regulaci jak činného tak i jalového výkonu odebíraného z napájecí sítě či dodávaného do napájecí sítě.



$$L \frac{d(i_d)}{dt} = u_{sd} - i_d R_1 + \omega L i_q - u_d$$
$$L \frac{d(i_q)}{dt} = u_{sq} - i_q R_1 + \omega L i_d - u_q$$

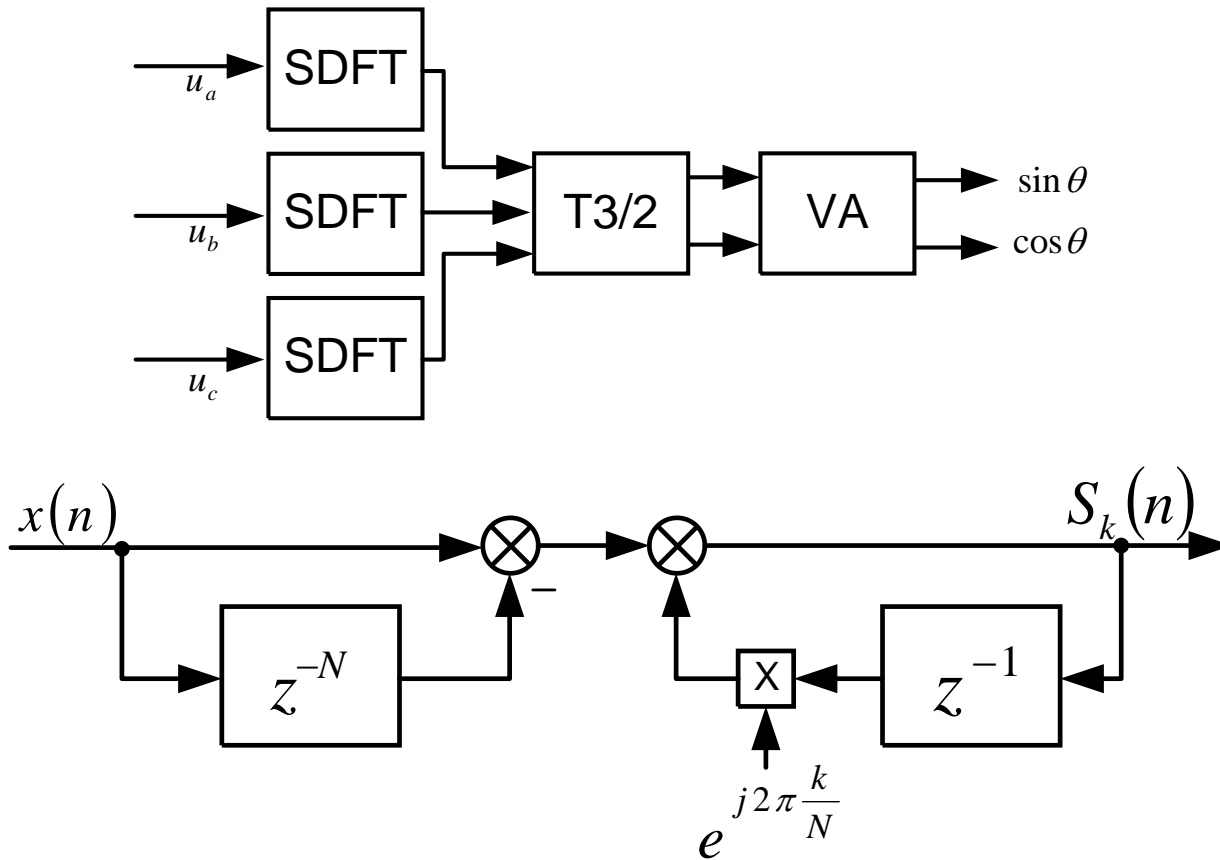


Blokové schéma regulace pulzního usměrňovače



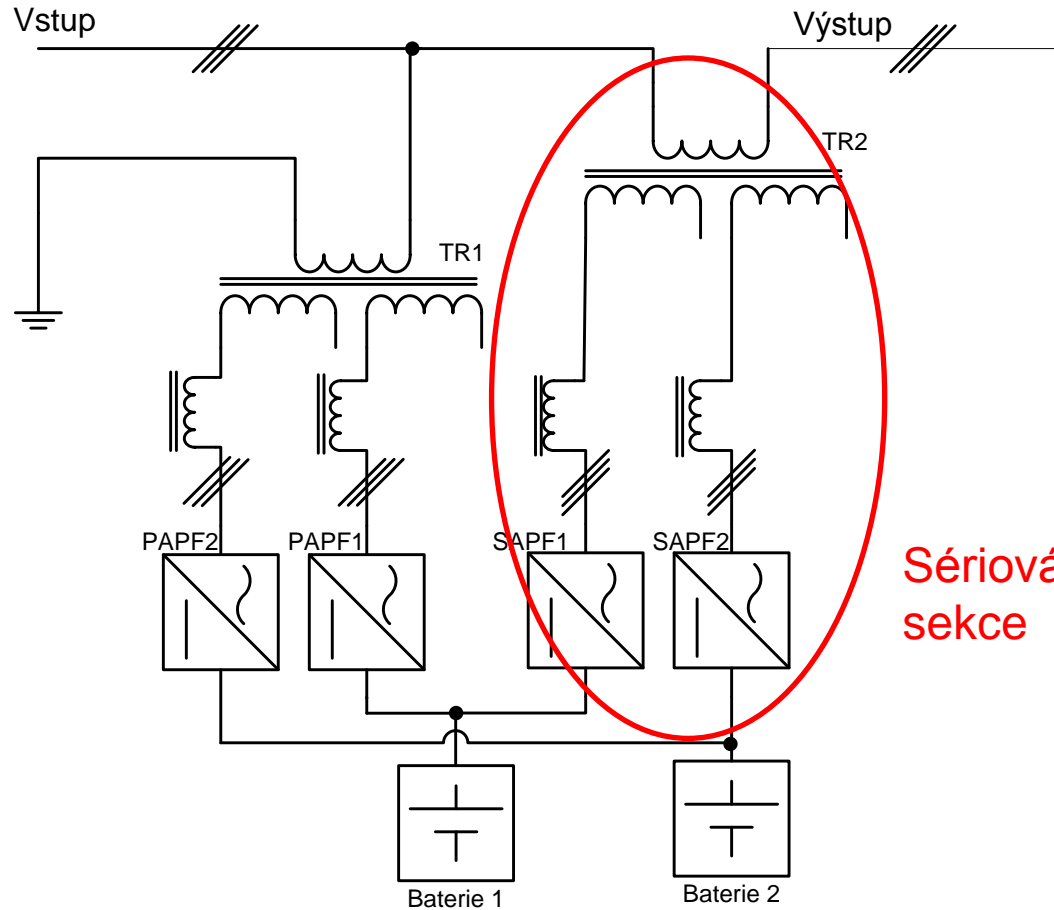


Sliding DFT-blokové schéma výpočtu úhlu natočení první harmonické síťového napětí



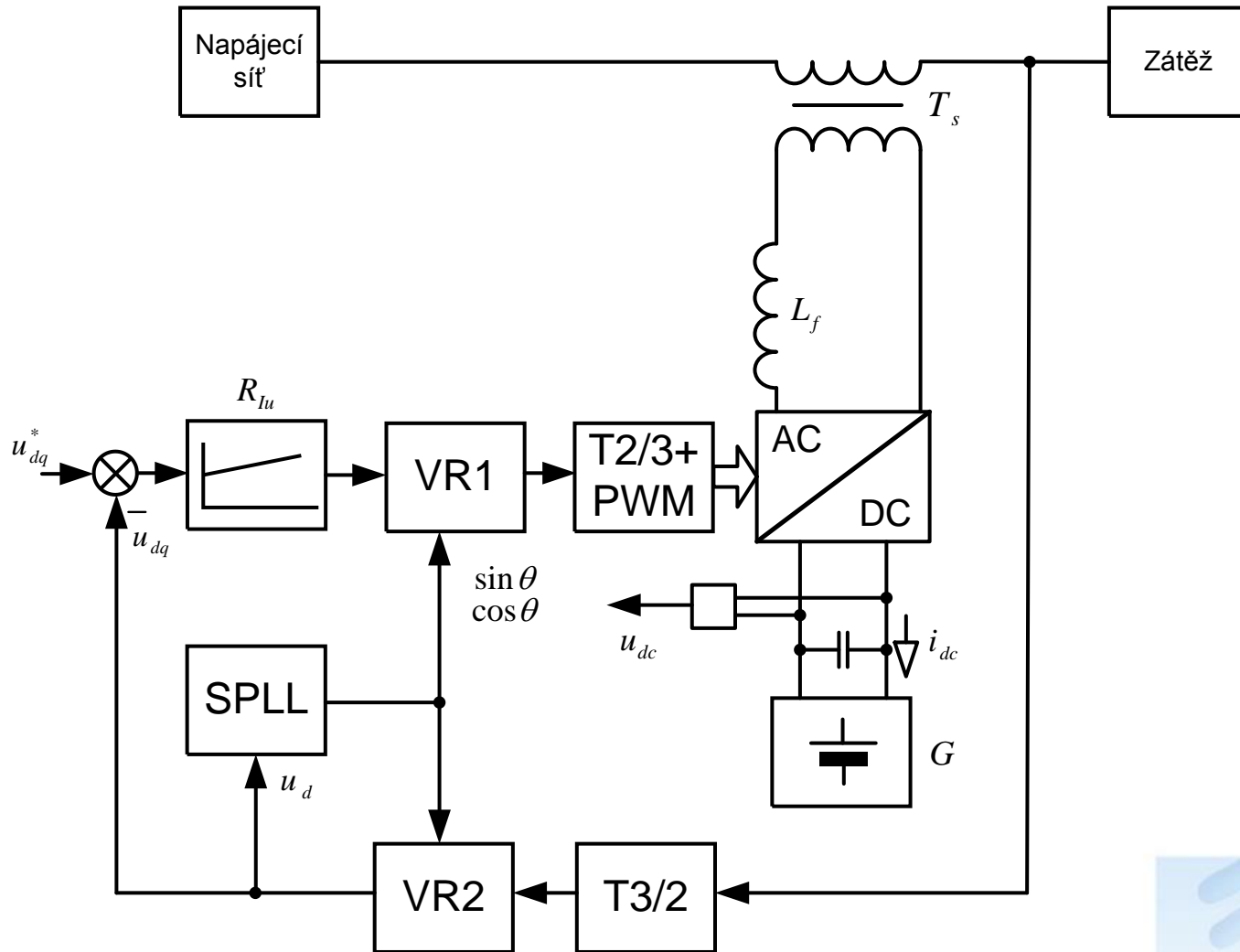


Řízení měničů sériová sekce – sériový aktivní filtr



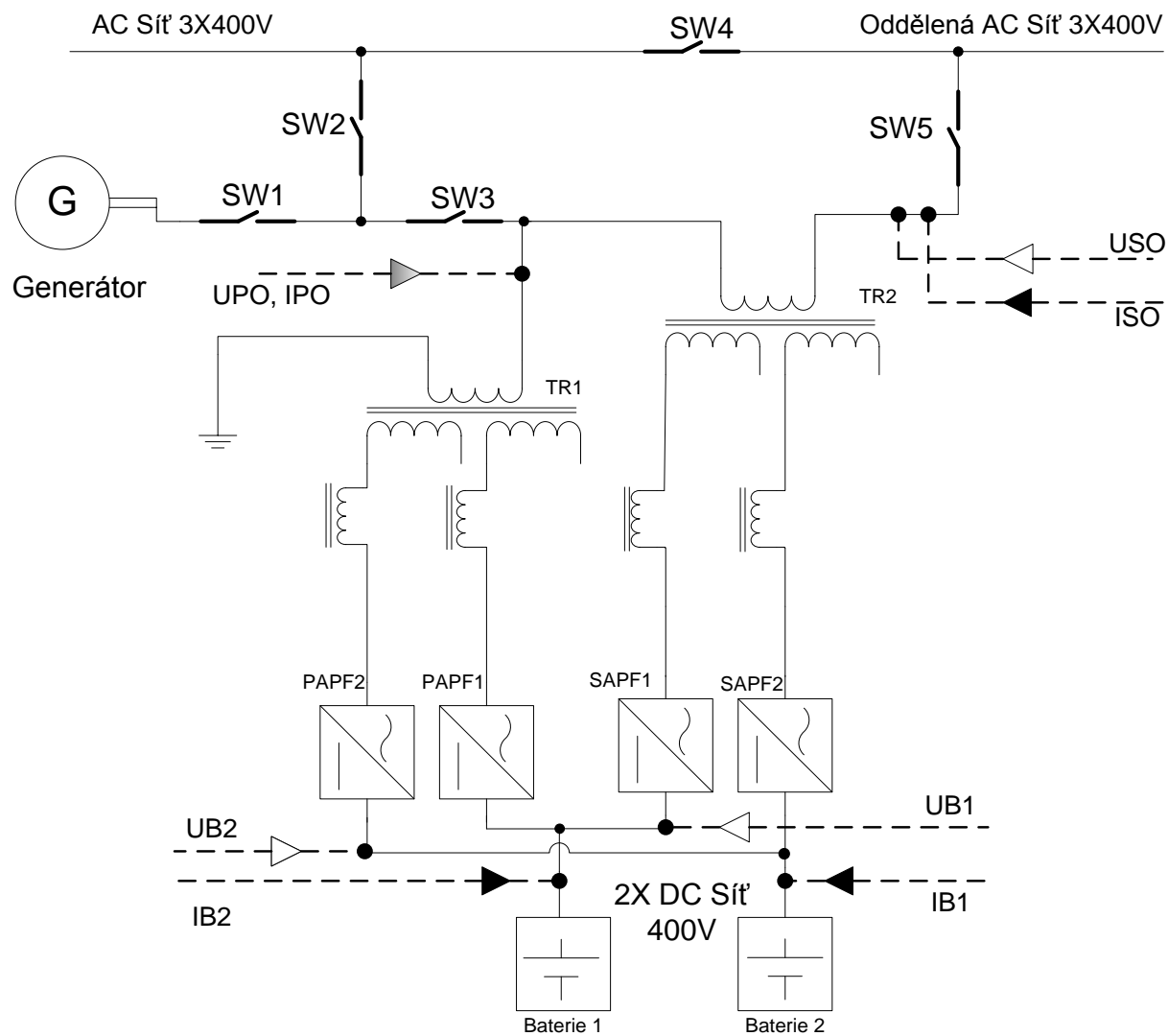


Řízení měničů sériová sekce – sériový aktivní filtr



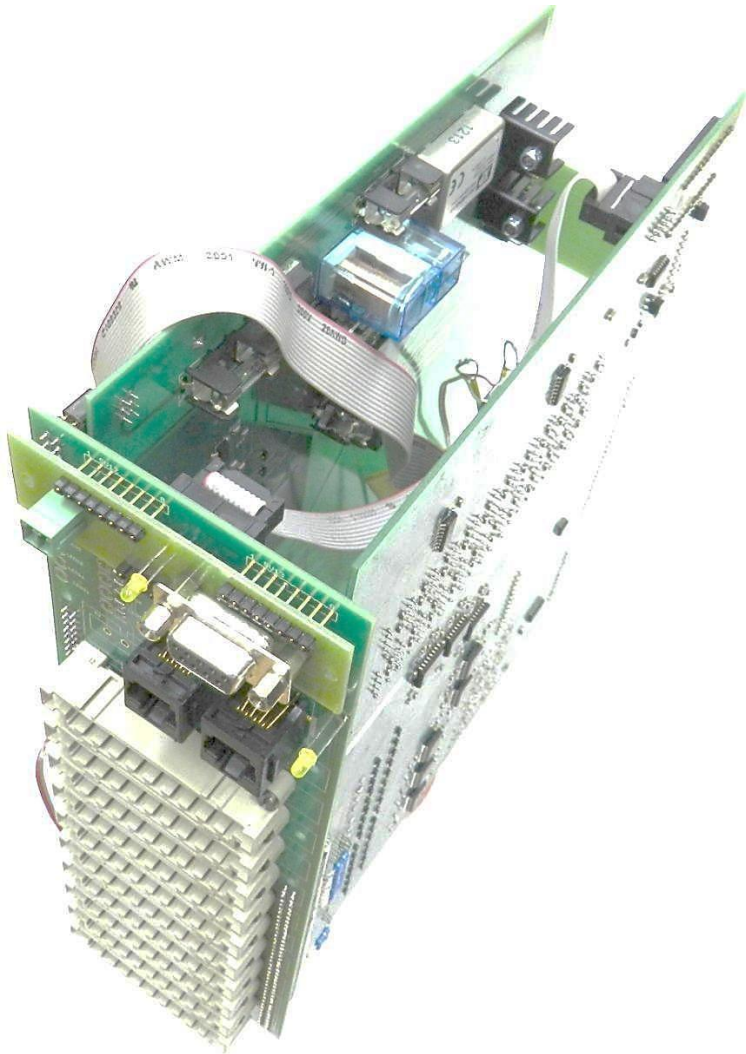


Nadřazené řízení – Schéma struktury, měřící body





Nadřazené řízení – Měřicí ústředna



Parametry měřicí ústředny:

- Základem je DSC TMS320F28335
- 32 analogových vstupů
- 4 analogové výstupy
- 12 digitálních vstupů
- 12 digitálních výstupů
- Komunikace RS422/485
- Komunikace Profibus
- Napájení 24V

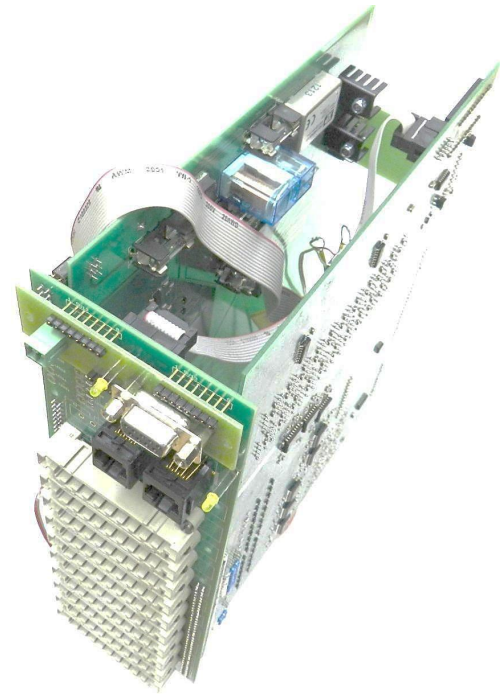




Nadřazené řízení měničů – Měřicí ústředna

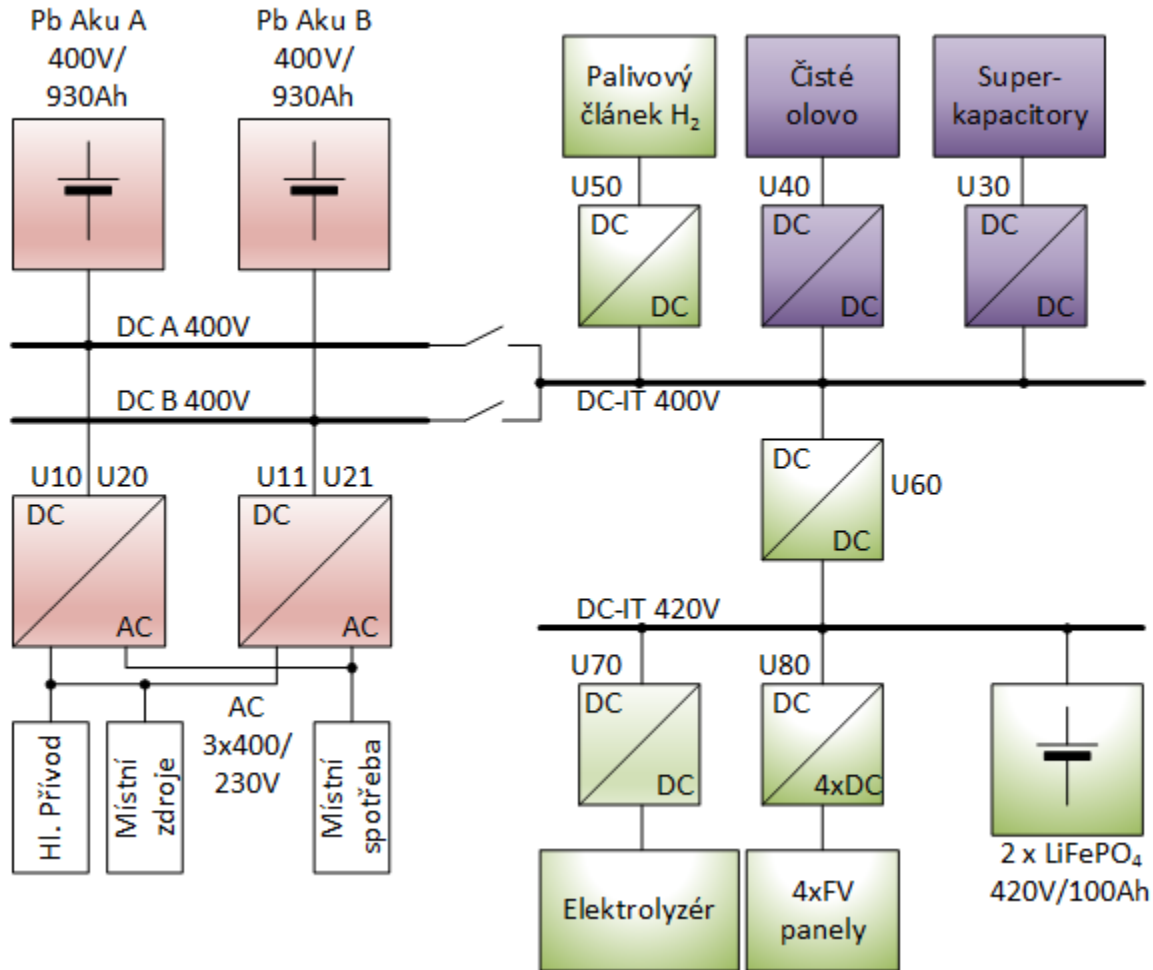
Měřicí ústředna má několik úkolů:

- Měří v určených bodech centra ENET, napětí, proud, frekvenci, výkon, jalový výkon a deformační výkon.
- Zajišťuje komunikaci s nadřazeným systémem, uživatelem. Měřené parametry jsou centrálním počítačem ukládány do databáze.
- Zadává požadované hodnoty jednotlivým měničům pomocí komunikace po sběrnici RS422.
- Zpracovává provozní parametry jednotlivých měničů a předává je nadřazenému centrálnímu počítači k archivaci





Principiální blokové schéma elektrických technologií centra ENET



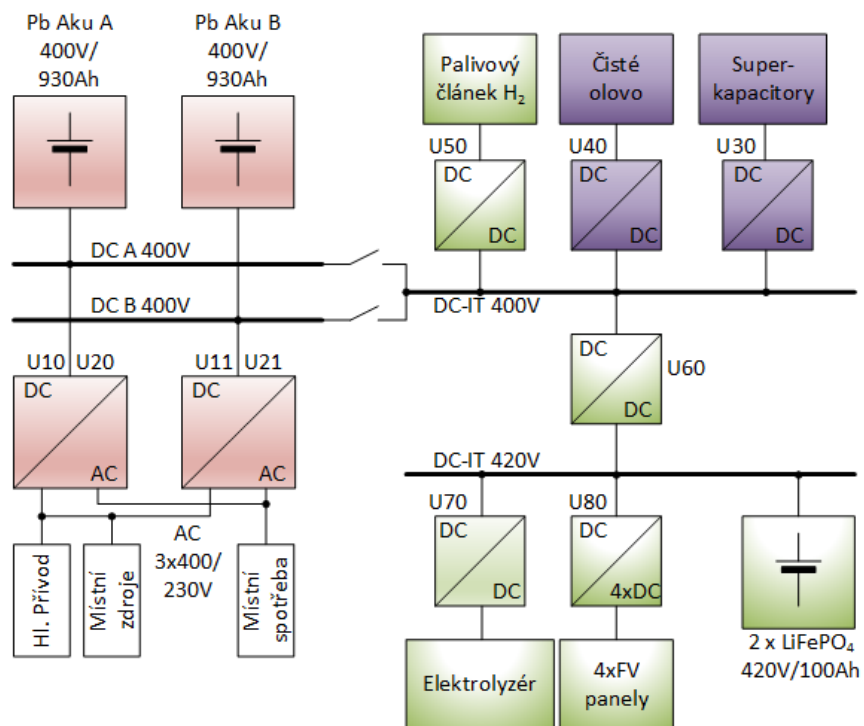


Měniče pro vodíkové technologie

V centru ENET je realizováno pracoviště na výzkum technologií pro uskladnění energie ve vodíku

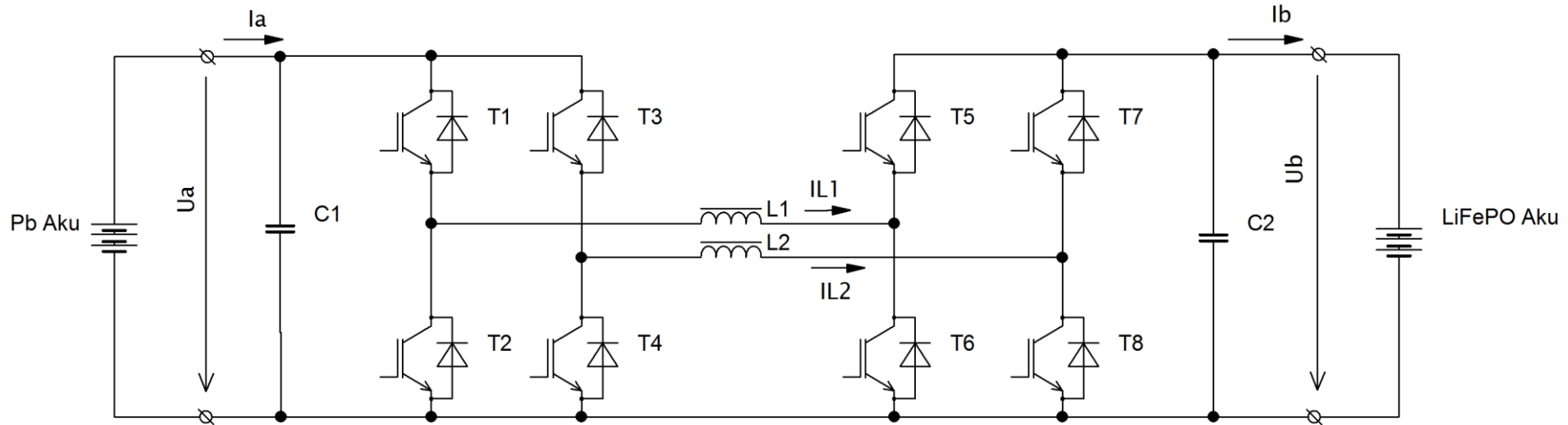
Z hlediska elektrických technologií se jedná o tyto části:

- Dvě LiFePO₄ akumulátorové baterie 420V/100Ah
- Vazební měnič LiFePO₄ – Pb – U60
- Měnič pro solární panely – U80
- Měnič pro elektrolyzér – U70
- Měnič pro palivové články – U50





Vazební měnič LiFePO₄ (420V) – Pb(400V) – schéma zapojení



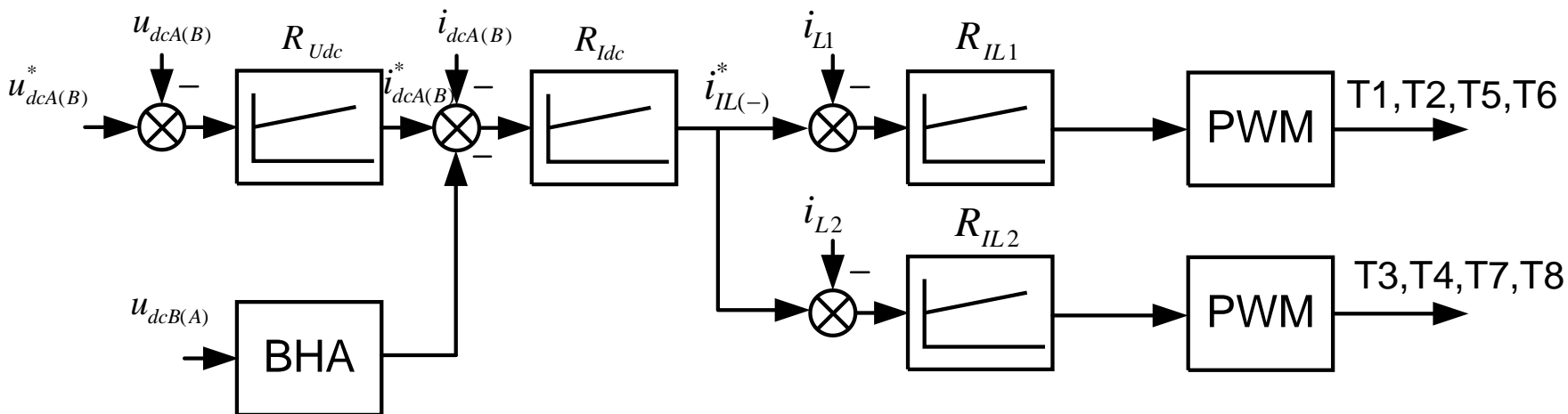
Vlastnosti:

- Jmenovité napětí na straně A: 400V strana B: 420V
- Maximální napětí na vstupech A a B: 800V
- Maximální proud tlumivkami: 200A
- Požadovaný maximální výkon: 50kW odpovídá cca 100A na vstupu/výstupu





Vazební měnič LiFePO₄ – Pb - řízení



Z hlediska řízení se jedná o dvoufázový zvyšující měnič.

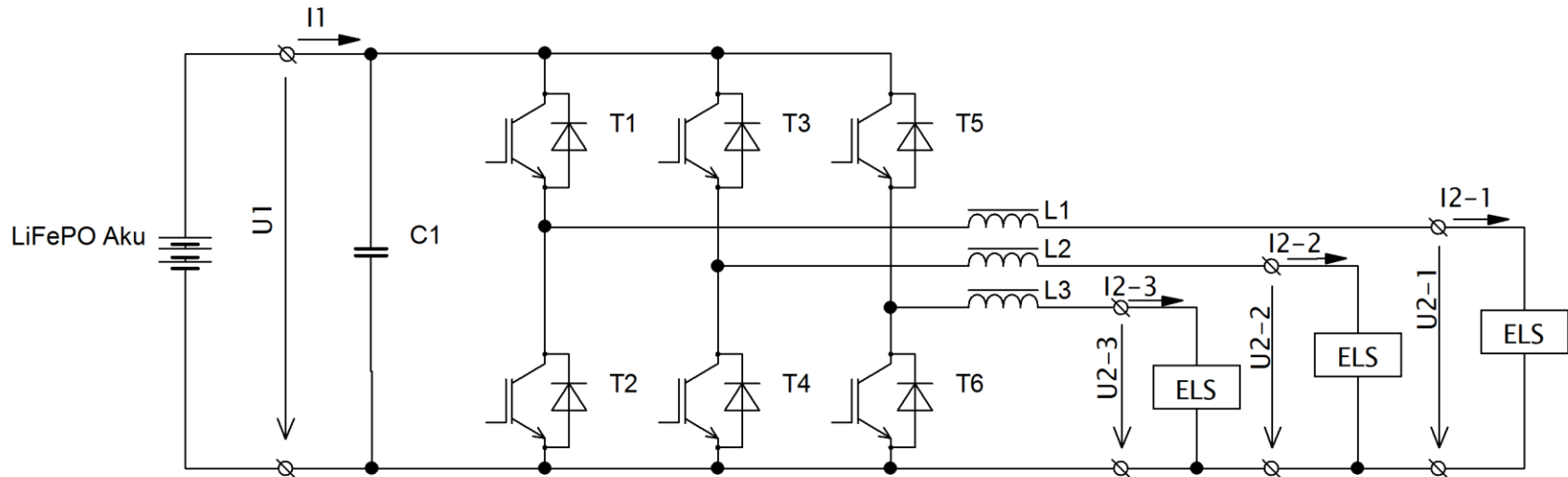
Regulace má tři navzájem pořízené smyčky:

- Regulace proudu tlumivkami
- Regulace proudu z/do akumulátoru
- Regulace napětí na akumulátoru (sběrnici)
- Doplnkem je kontrolní blok, který zásahem do žádané hodnoty proudu zabraňuje přílišnému vybití nebo přebití druhého akumulátoru (přepětí a podpětí druhé sběrnice)





Měníč elektrolyzéro – schéma zapojení



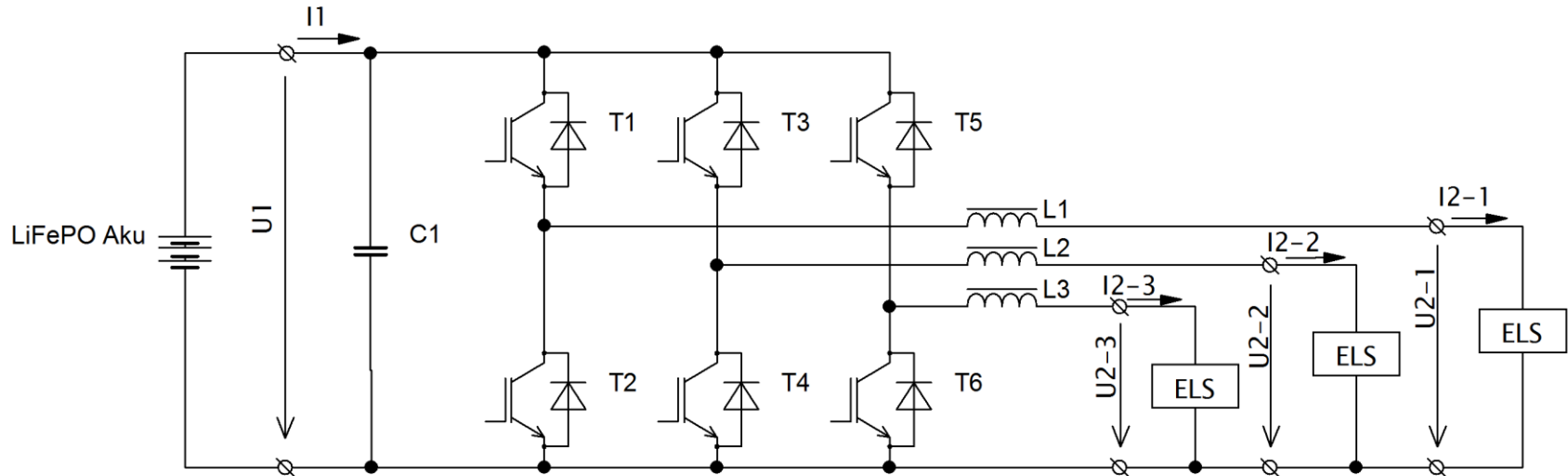
Vlastnosti:

- Jmenovité napájecí napětí: 420V
- Maximální napětí na vstupu: 800V
- Maximální proud výstupu: 100A
- Jmenovité napětí na výstupu: 250V
- Požadovaný maximální výkon: 30kW





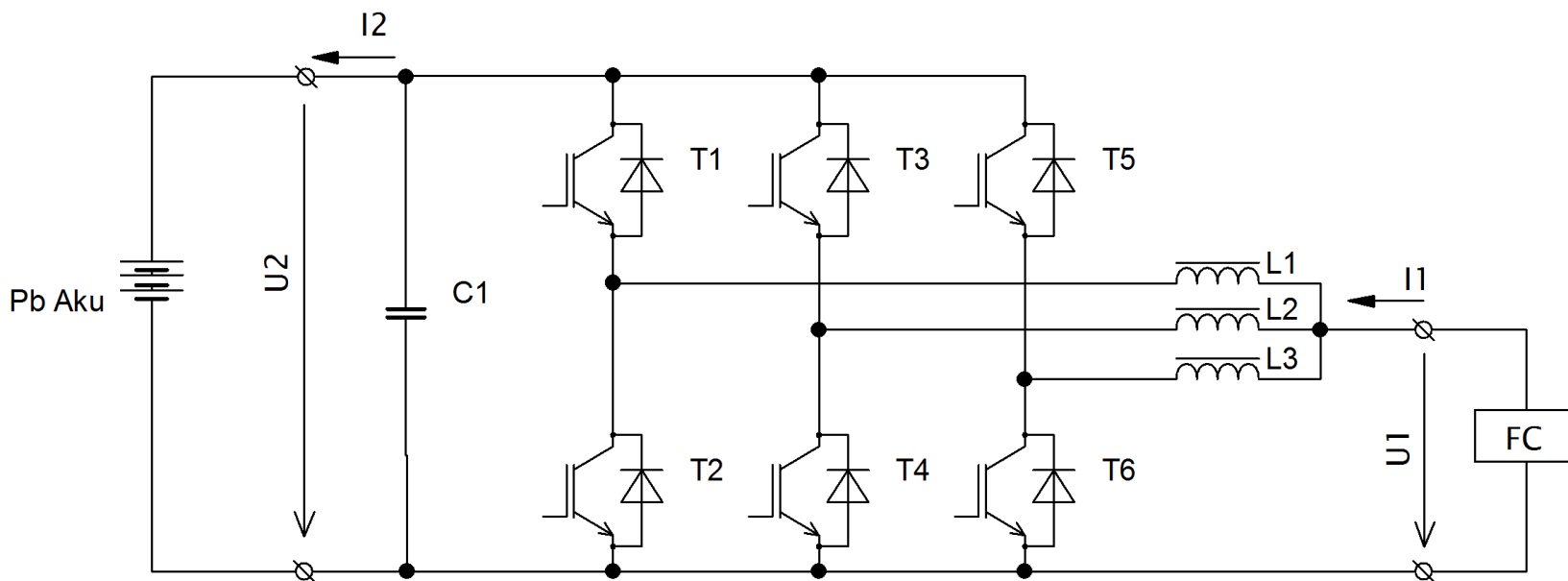
Měnič elektrolyzéro – řízení



Měnič je řešen jako tři samostatné snižující stejnosměrné měniče. Elektrolyzéry se během provozu chovají jako velmi měkké akumulátory. Z hlediska regulace se jedná pouze o jednoduchou smyčku tvořenou PI regulátorem proudu tlumivkou, napětí na výstupu je omezeno pouze maximální střídou PWM.



Měnič pro palivové články – schéma zapojení



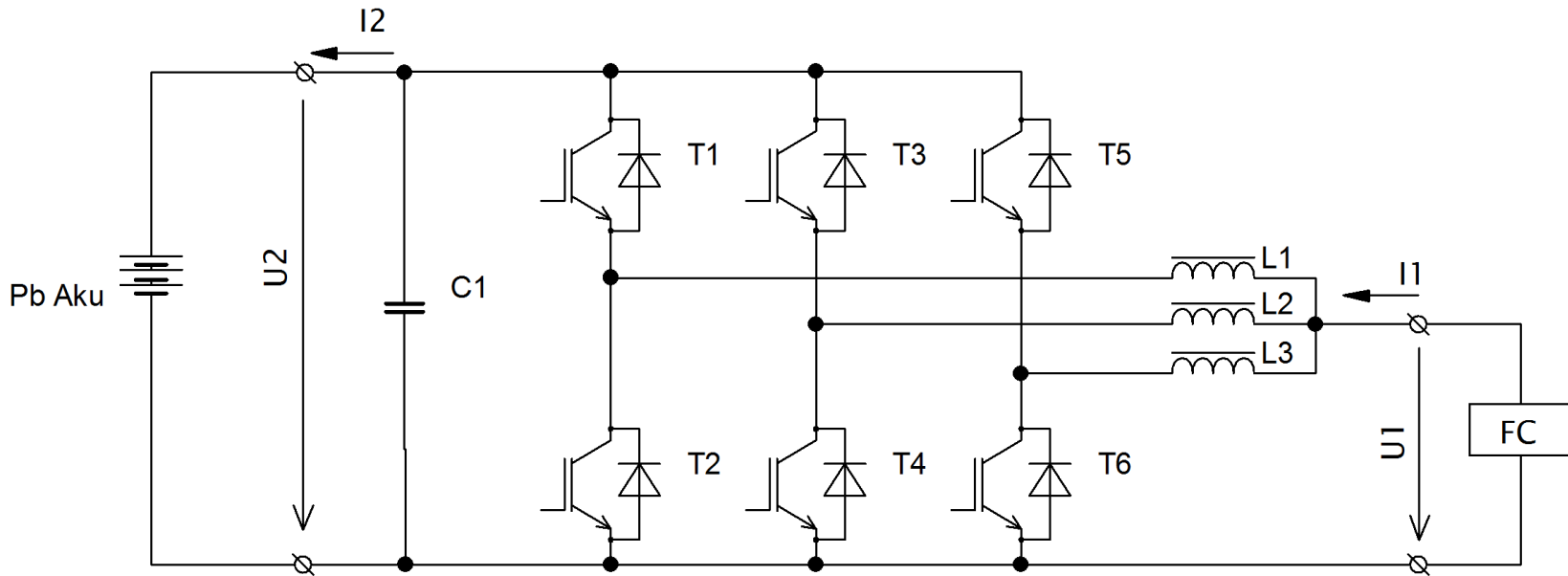
Vlastnosti:

- Vstupní napětí: 130 - 350V
- Maximální napětí na vstupu: 370V
- Maximální proud na vstupu: 250A
- Jmenovité napětí na výstupu: 400V
- Požadovaný maximální výkon: 50kW





Měnič pro palivové články – řízení, funkce



Jedná se o třífázový zvyšující stejnosměrný měnič napětí.

Palivové články jsou poměrně měkkým zdrojem napětí, mají velký vnitřní odpor, který je závislý na teplotě článku, na objemu vzduchu dodávaného dmychadlem a na tlaku vodíku.

Regulace obsahuje regulaci napětí na výstupu (přebití akumulátoru) a pod touto smyčkou je zařazena regulace proudu palivového článku. Regulaci napětí na palivovém článku zajišťuje nadřazený systém. Tento systém rovněž zajišťuje správné množství vzduchu, vodíku a chlazení článku.



Měniče pro doplňkové technologie

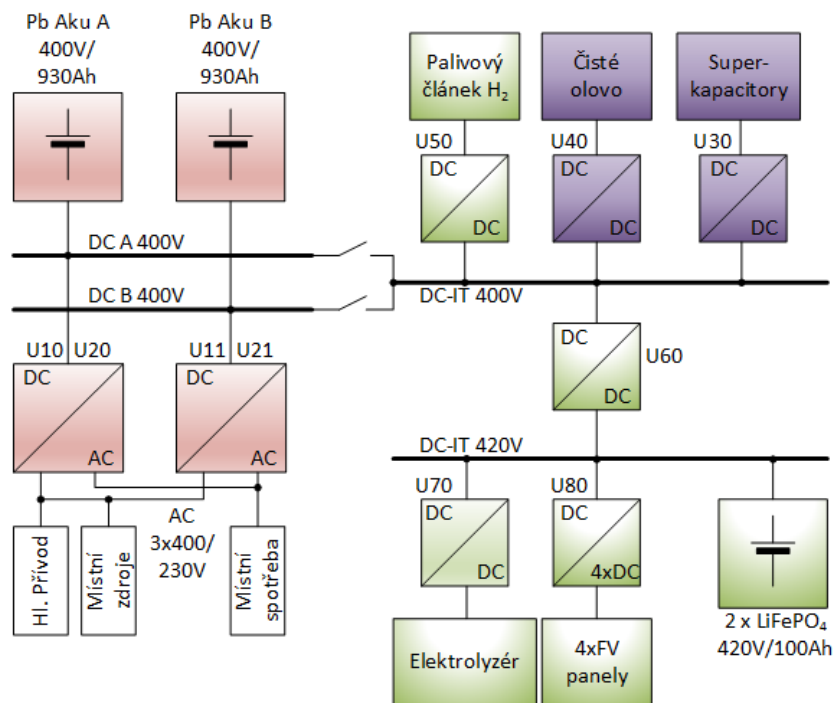
V rámci centra ENET byly ještě realizovány doplňkové měniče a to tyto:

- Měnič pro superkapacitory - U30.
- Vazební měnič pro speciální akumulátory - U40.

Měniče byly realizovány na shodné platformě jako předcházející měniče.

Komunikace měničů s nadřazeným počítačem probíhá prostřednictvím rozhraní RS485 s protokolem Modbus RTU.

Dále bylo centrum doplněno od další tři měřicí ústředny, které zpracovávaly signály z různých bodů v elektrické síti centra ENET pro další statistické zpracování.





Děkuji za pozornost

