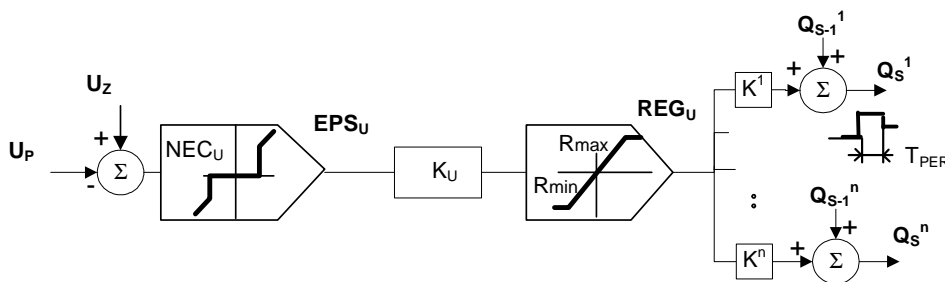


Ve verzi 2.2/12 byly zavedeny tyto inovace:

1. Nový objekt : Automatická regulace napětí v pilotním uzlu ARN

Pod pojmem ARN rozumíme automatickou regulaci napětí v pilotním uzlu. ARN vyhodnocuje odchylku skutečného napětí v pilotním uzlu od zadané hodnoty a určí potřebný jalový výkon Q_S pro její odregulování. Hodnota požadovaného výkonu je rozepisována na elektrárny, jejichž bloky poskytují podpůrnou službu sekundární regulace U/Q. ARN je modelován podle blokového schématu na následujícím obrázku:



Do modelu vstupuje jako regulovaná veličina napětí v pilotním uzlu U_P , zadanou hodnotou je proměnná U_Z , která lze měnit během simulace zásahem ARNU. Regulační odchylka je vynásobena zesílením regulátoru K_U , které odpovídá citlivostnímu koeficientu $\Delta Q/\Delta U$. Regulátor má pulzně – integrační charakter. To znamená, že v každé periodě výpočetního cyklu mění ARN přímo požadované hodnoty jalového výkonu Q_S o regulační odchylku REG_U vynásobenou participačním koeficientem K^i i-tého regulačního bloku (může být až 13 regulačních bloků na jeden pilotní uzel - v Obr. 78 jsou jednotlivé regulační bloky značeny horním indexem i a stará hodnota je značena spodním indexem -1). ARN tedy mění Q_S tak dlouho, dokud neodstraní regulační odchylku nebo se nevyčerpá regulační rozsah $R_{min} - R_{max}$. ARN řídí Q_S tak, aby blok nevybočil z mezí svého PQ diagramu. Rozsah $R_{min} - R_{max}$ a participační koeficienty K^i závisí na regulační rezervě jednotlivých bloků, které se zjistí z aktuálních výkonů generátoru P_G a Q_G pomocí vztahů:

$$R_{min}^i = Q_{MN} + (Q_{MM} - Q_{MN}) / (P_N - P_M) * (P_N - |P_G|) - Q_G \quad \text{pro } |P_G| \geq P_M; \quad R_{min}^i = Q_{MM} - Q_G \quad \text{pro } |P_G| < P_M \quad [50]$$

$$R_{max}^i = Q_{XN} + (Q_{XM} - Q_{XN}) / (P_N - P_M) * (P_N - |P_G|) - Q_G \quad \text{pro } |P_G| \geq P_M; \quad R_{max}^i = Q_{XM} - Q_G \quad \text{pro } |P_G| < P_M$$

Regulační rozsahy činného výkonu $PM - PN$ a jalového výkonu $Q_{MM} - Q_{XM}$ (pro minimální činný výkon PM) a $Q_{MN} - Q_{XN}$ (pro jmenovitý činný výkon PN) jsou vstupní data.

$$R_{min} = \sum R_{min}^i \quad R_{max} = \sum R_{max}^i \quad [51]$$

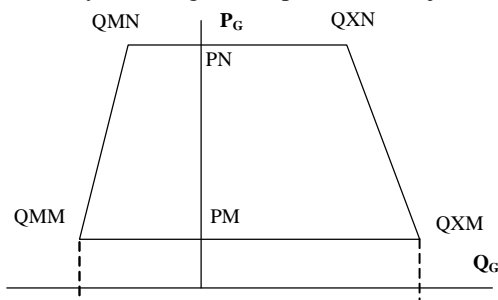
Za R_{min}^i se dosadí vztahy [52] při splnění podmínek $R_{min}^i < 0$ a současně $U_G^i > 0.95$ jinak nula

Za R_{max}^i se dosadí vztahy [52] při splnění podmínek $R_{max}^i > 0$ a současně $U_G^i < 1.05$ jinak nula.

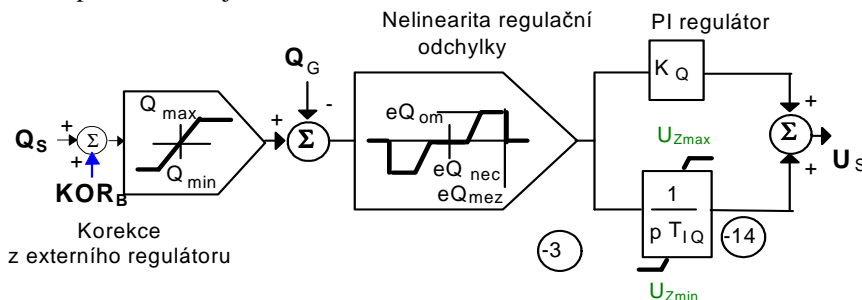
Participační koeficienty jsou úměrné podílu regulační rezervy na sumárních mezích:

$$k^i = R_{min}^i / R_{min} \quad \text{pro } REG_U < 0 \quad \text{a} \quad k^i = R_{max}^i / R_{max} \quad \text{pro } REG_U > 0 \quad [52]$$

Parametry pro určení regulačních rozsahů jsou určeny P-Q diagramem podle následujícího obrázku:



Výstupy ARN – požadované hodnoty jalového výkonu Q_S přímo vstupují do modelu sekundární regulace jalového výkonu, který je standardní součástí modelu **bloku** podle následujícího obrázku.



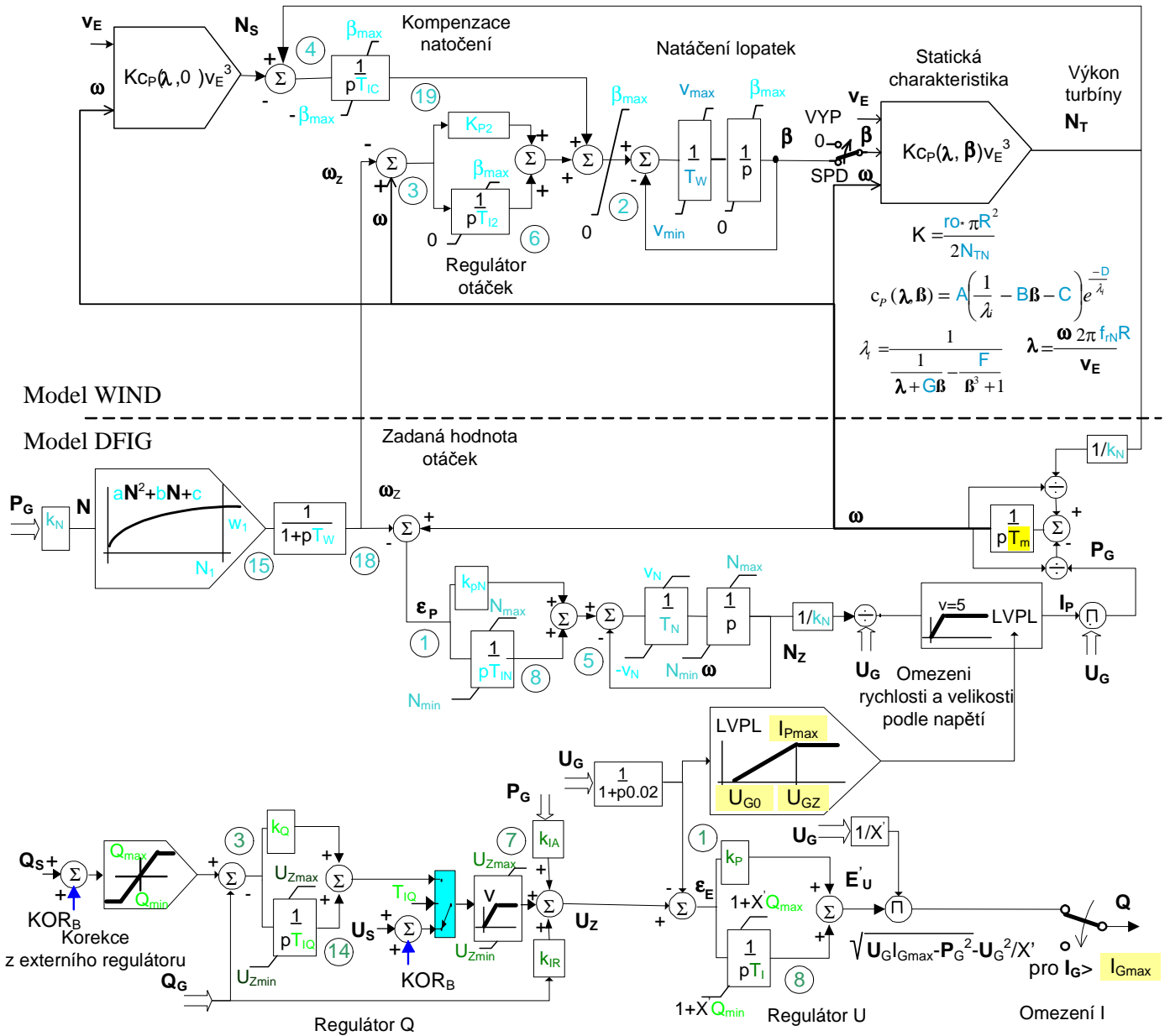
Výstupy sekundární regulace jalového výkonu tvoří požadovaná hodnota napětí generátoru U_S , která vstupuje do primárního regulátoru napětí bloku.

2. Ochrany bloku

Všechny bloky jsou vypnuty, jestliže skluz generátoru vybočí z mezí $-0.08 > s_G > 0.1$.

3. Zdokonalený model dvojitě napájeného asynchronního generátoru DWIG a model větrné turbíny WIND

Následující obrázek ukazuje propojení modelů WIND pro větrnou turbínu a DFIG pro dvojitě napájený asynchronní generátor.

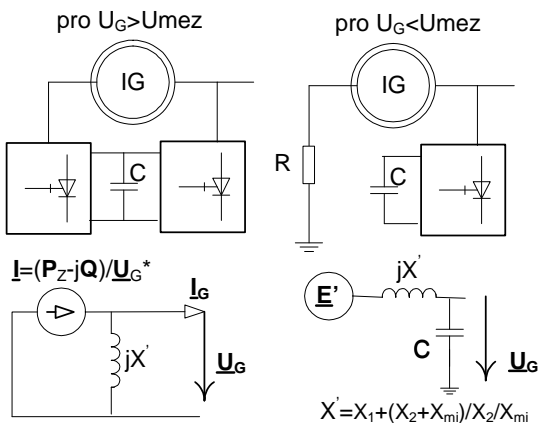


Regulace DFIG spočívá ve dvou oddělených a nezávislých částech při činný a jalový požadovaný výkon N_z a Q . Cílem regulace N_z je přizpůsobovat činný výkon dodávaný do sítě, aby odpovídal výkonové rovnováze soustrojí, tedy především výkonu vyráběnému větrnou turbínou v závislosti na rychlosti větru.

Inovace modelu DFIG spočívá v zavedení omezení požadované hodnoty činného proudu I_r podle velikosti svorkového napětí U_G (v modelu označena LVPL – „Low Voltage Power Limiter“ podle [1]). Omezení rychlosti změny je nastaveno na konstantní hodnotu 5 p.j/s. Parametry LVPL jsou součástí alternativních typových parametrů modelu as. stroje:

Idef	Sp	Umez	R	Tm	X1	X20	X21	Xmi	R1	R20	R21	C	U _{G0}	U _{GZ}	I _{Gmax}	I _{Pmax}
------	----	------	---	----	----	-----	-----	-----	----	-----	-----	---	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------

Pro $T_{IQ} < 0$ reguluje regulátor na konstantní účinník.



Při poklesu svorkového napětí pod U_{mez} je generátor modelován přechodným napětím za přechodnou reaktancí, což odpovídá modelu ELM1 (režim s kotvou nakrátko zkratovanou přes přídatný odpor R) a se s kapacitou meziobvodu C trvale připojenou na svorky, což ukazuje pravá část obrázku.

V modelu DFIG se předpokládá spolupráce s větrnou turbínou s proměnnými otáčkami (model WIND), takže zadaná hodnota otáček se určuje v závislosti na skutečné dodávce výkonu do sítě P_G . V případě výkonové nerovnováhy (rozdílu mezi výkonem turbíny N_T a výkonem generátoru P_G) a vzniku regulační odchylky ϵ_P je požadovaný výkon N_z měněn trendem v_N , aby se dostal do souladu s výkonem turbíny. Naopak při poklesu dodávky do sítě P_G (např. vlivem zkratu) se zmenšují zadané otáčky ω_z (vstupující i do modelu turbíny), čímž se zmenšuje akcelerace soustrojí.

Zadaná hodnota otáček ω_z vstupuje do regulátoru turbíny, který ovládá natažení lopatek – úhel β . Požadovaná hodnota natočení je dána regulátorem rychlosti.

V inovovaném modelu se k regulační odchylce rychlosti přičítá výstup kompenzace natočení. Ta zajišťuje stabilní provoz (optimalizuje úhel β pro dosažení největšího výkonu turbíny pro danou rychlost větru a otáčky). Má integrační charakter daný typovým parametrem přidavných automatik regulátoru turbíny T_{1C} . Regulace otáček je naopak proporcionální (integrační část je nepoužita $T_{12}=0$). Parametry jsou součástí typových parametrů přidavných automatik reg. Turbíny.

bmax(st)	Kp2(-)	TIC(s)	T12(s)		
----------	--------	--------	--------	--	--

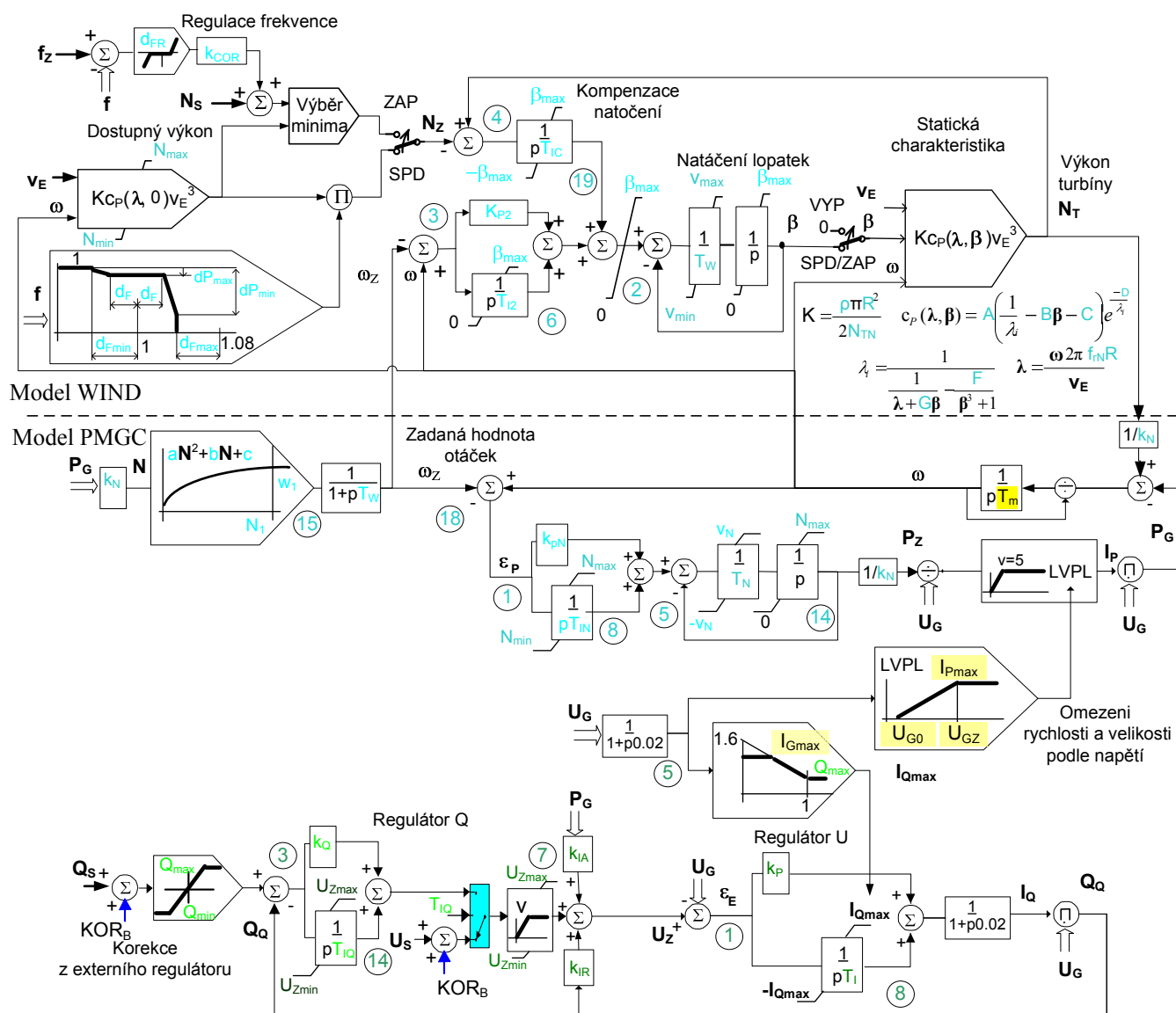
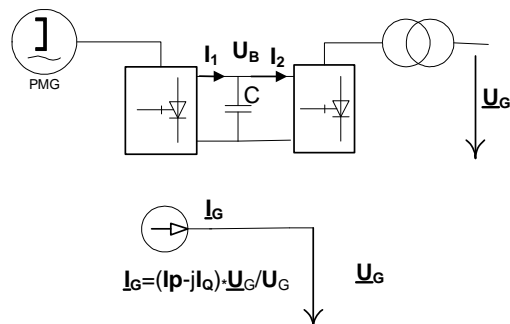
Pozn.: $b_{max}=\beta_{max}$

4. Zdokonalený model synchronního generátoru s permanentními magnety a plnovýkonovým měničem PMGC

Podobně jako DFIG byl zdokonalen model PMGC. Modely řízení činného a jalového výkonu jsou obdobné jako u DFIG a odpovídají informacím uvedeným v [1]. Jako u DFIG se předpokládá spolupráce s větrnou turbínou s proměnnými otáčkami.

Rozdíl od předchozí verze je také v tom, že původní náhrada generátoru s plnovýkonovým měničem Taveninovým ekvivalentem (napětí za náhradní reaktancí X_T) byl změněn na Nortonův (ale bez náhradní admitance) jak ukazují obrázky.

Následující obrázek ukazuje propojení modelů WIND pro větrnou turbínu a modelu PMGC. V modelu se činná a jalová složka proudu měniče reguluje zvlášť a rovněž se omezuje zvlášť, přičemž oba limity závisí na velikost napětí. Žlutě vyznačené parametry se zadávají v úseku typových parametrů modelu generátoru.



Model WIND ukazuje rozšířené možnosti regulace frekvence sítě f . Turbína může pracovat ve třech regulačních režimech. Standardní režim je regulace otáček (zadávaná klíčovým slovem SPD v databázi dynamických modelů bloků). Kompenzace natočení vyreguluje výkon turbíny na dosažitelný výkon případně modifikovaný v závislosti na frekvenci sítě f (pro nenulové parametry dP_{min} a dP_{max}). Druhým režimem je zapnutá regulace výkonu (zadávaná klíčovým slovem ZAP), kdy turbína může pracovat jak v primární regulaci frekvence, tak v sekundární regulaci na požadovanou hodnotu N_s . Velikost primární regulační rezervy se zadává hodnotou PRR jako parametr bloku. Neregulovaná turbína se zvolí klíčovým slovem VYP. Typové parametry týkající se regulace frekvence jsou zadávány v úseku regulátoru turbín:

N_1	w_1	T_{IN} (s)	T_W (s)	T_N (s)	k_{pN}	K_{COR}	a	b	c	v_N (-/s)	dP_{min} (%)	dF_r (%)	dF (%)	dF_{min} (%)	dF_{max} (%)	dP_{max} (%)
-------	-------	--------------	-----------	-----------	----------	-----------	-----	-----	-----	-------------	----------------	------------	----------	----------------	----------------	----------------

Reference

- [1] K. Clark, N. W. Miller, J. J. Sanchez-Gasca: Modeling of GE Wind Turbine-Generators for Grid Studies, GE Energy report Version 4.4, 2009.