

# Technická specifikace

*CU\_PWSS-01\_PTD\_Příloha č. 1-Technická specifikace-GG4*

## Setrvačnickový rázový generátor



**COMPASS**  
INSTITUTE OF  
PLASMA PHYSICS ASCR

**Ústav fyziky plazmatu Akademie věd ČR, v. v. i.**

**Revize 2/2023**

## 1 Obsah

<b>1</b>	<b>Obsah .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Setrvačnickový rázový generátor: Rozsah dodávky .....</b>	<b>3</b>
2.1	Rozsah dodávky .....	3
<b>3</b>	<b>Specifikace nabídky Dodavatele.....</b>	<b>5</b>
3.1	Tabulka minimálních technických údajů, které mají být obsaženy v nabídce Dodavatele .....	5
<b>4</b>	<b>Terminologie, názvy a slovník .....</b>	<b>8</b>
4.1	Schéma zapojení setrvačnickového rázového generátoru do Systému napájení tokamaku....	8
4.2	Seznam použitých zkratk a názvů (slovník) .....	10
<b>5</b>	<b>Tabulka technických požadavků.....</b>	<b>11</b>
5.1	Obecné požadavky .....	11
5.2	Požadavky na soustrojí setrvačnickového rázového generátoru.....	16
5.3	Požadavky na rozběhové zařízení generátoru.....	20
5.4	Požadavky na systém buzení generátoru.....	21
5.5	Požadavky na řídicí systém.....	22
5.6	Požadavky na bezpečnost a ochranu .....	30
5.7	Požadavky na přijímací zkoušky .....	32
5.8	Požadavky na dokumentaci a zálohování SW .....	38
5.8.1	Projektová dokumentace .....	38
5.8.2	Dokumentace skutečného provedení .....	40
5.8.3	Průvodní dokumentace .....	40
<b>6</b>	<b>Integrace dodávané technologie do Systému napájení tokamaku, především paralelizace dvojice generátorů .....</b>	<b>45</b>
6.1	Cívky toroidálního pole.....	45
6.2	Systémy dodatečného ohřevu plazmatu.....	47
6.3	Pokles efektivního napětí GG3 při nižších otáčkách a vysokém zdánlivém výkonu.....	47
6.4	Schéma zapojení generátorů GG3 a GG4 do společné zátěže .....	47
6.5	Komunikace s řídicím systémem Systému napájení tokamaku.....	49
<b>7</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>51</b>
7.1	Příloha Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku.....	51
7.2	Příloha Technické specifikace č. 2-Instalační prostor.....	51

## 2 Setrvačnickový rázový generátor: Rozsah dodávky

### 2.1 Rozsah dodávky

"Setrvačnickový rázový generátor" zahrnuje vývoj, konstrukci, výrobu, dočasné skladování, přepravu na místo instalace, instalaci a uvedení do provozu nového setrvačnickového generátoru spolu se všemi jeho pomocnými zařízeními: buzení - transformátory a měniče, chlazení, mazání, brzdový systém včetně odporníků, řídicí systém, motor pro roztočení generátoru s příslušenstvím včetně frekvenčního měniče a jeho transformátoru, všechna mechanická a elektrická připojení.

Dále obsahuje dodávku a instalaci setrvačnickového generátoru v prostorách Zadavatele, připojení výkonu k rozvaděči VN, úplnou integraci do řídicího systému Systému napájení tokamaku, úplnou integraci do systémů ochrany Systému napájení tokamaku, uvedení generátoru do provozu, nastavení řízení generátoru pro **bezpečný provoz společně se stávajícím generátorem GG3** (již existujícím v majetku ÚFP) **do společné zátěže** (nejedná se o paralelní provoz dvou generátorů ve společné VN síti, ale **jedná se o paralelní provoz do společné zátěže, přes impedanci transformátorů a tyristorových měničů**), atd.

Rozsah dodávky Setrvačnickového rázového generátoru obsahuje všechny části potřebné k jeho provozu opakovaně, kontrolovaně a bezpečně dle specifikace, včetně všech projekčních prací, instalačních prací, zkoušek, uvedení do provozu, zaškolení zaměstnanců/obsluhy Zadavatele a dokumentace.

Součástí dodávky podle této smlouvy jsou dále:

1. Dostatečně dimenzované UPS (nepřerušitelné napájení) pro všechny kritické části dodávky, kde by přerušení napájení mohlo způsobit poškození dodávaného systému nebo Systému napájení tokamaku nebo nebezpečné stavy pro personál (např. mazací jednotka generátoru).
2. Instalace všech částí dodávaného systému u Zadavatele (včetně montážního materiálu a drobných stavebních činností souvisejících s instalací elektrického zařízení).
  - a. Zadavatel poskytne Dodavateli přístup k rozvaděčům s 3 x 400 V AC z veřejné elektrické sítě.
  - b. Zadavatel zajistí Dodavateli přístup k chladicí stanici s rozvody chladiwa. Zadavatel zajistí nepřetržitý chladicí výkon dostatečný k odvodu tepla z dodávaného systému. Parametry dostupného chladicího řešení (výkon, tlak, průtok, ...) jsou popsány v kapitole 5.1 - Obecné požadavky.
  - c. Součástí dodávky jsou výměník/y tepla, sekundární chladicí smyčky (případně včetně akumulace tepla pro pulzní provoz) a jejich řízení.
  - d. Připojení napájecího systému k příslušným primárním chladicím vodním smyčkám a elektrickým rozvodům je součástí dodávky podle této smlouvy, a proto za něj odpovídá Dodavatel.
  - e. Zadavatel zajistí základy pro setrvačnickový rázový generátor. Zadavatel poskytne v budově prostor pro dodávaný systém. Zadavatel zajistí regulaci teploty prostředí v budově (s cílovou teplotou 22 °C) - maximální teplota v budově na místě definovaném Zadavatelem bude před zahájením pulzu tokamaku nižší než 35 °C, minimální teplota a rozložení teplot nebude zaručeno, a to ani v průběhu provozu dodávaného systému.
  - f. Zadavatel zpřístupní na své náklady instalační otvory haly (tj. část střechy a rozebíratelnou část západní stěny), ve které bude setrvačnickový generátor umístěn.

3. Provedení revizí a absolvování všech přijímacích zkoušek zařízení (jak je definováno v kapitole 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky), poskytnutí zkušebních protokolů, certifikátů o jakosti a kompletnosti výrobku, prohlášení o shodě atd.
4. Poskytnutí dokumentace všech úrovní, softwarových licencí a práv duševního vlastnictví, jak je definováno v kapitole 5.8 - Požadavky na dokumentaci a zálohování SW, zajištění školení zaměstnanců/pracovníků Zadavatele pro provoz a údržbu.
5. Přijímací zkoušky (viz 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky) jsou součástí dodávky podle Kupní smlouvy a této Technické specifikace a budou provedeny Dodavatelem pod dohledem Zadavatele, pokud není uvedeno jinak.
6. Záruční doba na dodávaný systém je součástí dodávky podle Kupní smlouvy a této Technické specifikace. Nezbytným předpokladem pro počátek běhu záruční doby je úspěšné dokončení přijímacích zkoušek SAT (záruka začíná běžet ode dne podpisu Konečného předávacího protokolu).
7. Dodavatel je povinen zajistit technickou podporu (včetně personálu na místě) pro Test plného výkonu dodávaného systému (viz. 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky), který se uskuteční v průběhu záruční doby.
8. Součástí dodávky jsou náhradní díly (viz 5.1 - Obecné požadavky).

V tomto dokumentu (Technická specifikace Setrvačnickový rázový generátor) se pod pojmem "systém" (bez přídavného jména), resp. „dodávaný systém“, zpravidla rozumí „Setrvačnickový rázový generátor“, včetně všech součástí popsaných v kapitole 2.1 - Rozsah dodávky. Termíny „Setrvačnickový rázový generátor“, „setrvačnickový generátor“, „generátor“ a „rázový generátor“ jsou používány záměnně. Pokud je slovo „systém“ použito s upřesňujícím přídavným jménem (např. „řídící systém“, „chladicí systém“, atd.), jedná se o dílčí systém, tj. nejedná se o „setrvačnickový rázový generátor“.

### 3 Specifikace nabídky Dodavatele

Kapitola "3 – Specifikace nabídky Dodavatele" obsahuje (část) informací, na které se přímo odkazuje Kupní smlouva a Zadávací dokumentace.

#### 3.1 Tabulka minimálních technických údajů, které mají být obsaženy v nabídce Dodavatele

Tento dokument (Technická specifikace Setrvačnickový rázový generátor) obsahuje velmi podrobné specifikace a požadavky, které musí Dodavatel dodržet a splnit během realizační fáze výběrového řízení - tj. během detailního návrhu a následné výstavby systému.

**Technická část nabídky Dodavatele**, která bude předložena v rámci veřejné zakázky, **musí obsahovat:**

1. **Stručný celkový popis** nabízeného systému Setrvačnickového rázového generátoru (minimálně dvě normostrany). Stručný popis musí obsahovat:
  - a. Popis soustrojí setrvačnickového rázového generátoru
  - b. Popis rozběhového systému generátoru
  - c. Popis systému buzení generátoru
  - d. Popis transformátorů
  - e. Popis řídicího systému
2. **Minimální technické údaje a parametry**, jak je požaduje **Tabulka 3.1.1: Tabulka minimálních technických údajů, které mají být uvedeny v nabídce Dodavatele** [doporučuje se použít tabulku jako vzor].
3. **Specifické prohlášení, že detailní návrh systému** (který bude vytvořen Dodavatelem ve fázi realizace) **bude splňovat všechny požadavky** obsažené **v této Technické specifikaci**, konkrétně **v kapitole 5 Technické specifikace (Tabulka technických požadavků) a ve Smlouvě**. [Toto specifické prohlášení je obsaženo v „Tabulka 3.1.1: Tabulka minimálních technických údajů, které mají být uvedeny v nabídce Dodavatele“. Doporučuje se použít tabulku jako vzor. Poznámka: Specifické prohlášení definované zde je identické s požadavkem Zadávací dokumentace 8.1.1, bod j)]
4. **Harmonogram dodávky Setrvačnickového rázového generátoru**, podle požadavků uvedených v Zadávací dokumentaci, v její kapitole 4.3 - Požadavky na harmonogram plnění Dodavatele.

Výše uvedená doporučená struktura technické části nabídky Dodavatele není Zadavatelem závazně vyžadována. To znamená, že Dodavatel může uspořádat a strukturovat technickou část nabídky jiným způsobem, pokud uvede všechny požadované informace.

Tabulka 3.1.1: Tabulka minimálních technických údajů, které mají být uvedeny v nabídce Dodavatele

No.	Název / popis požadavku	Povolená hodnota / popis	Nabídnutá hodnota / popis Dodavatele
1	Nabízený <b>system splňuje všechny požadavky uvedené v Technické specifikaci systému</b> pro Setrvačnickový rázový generátor a <b>požadavky uvedené v Kupní smlouvě.</b>	Potvrzení (například "Ano")	[Potvrzení Dodavatele]
2	Nabízený <b>system se vejde do vyhrazeného prostoru</b> pro instalaci (viz požadavek 5.1.1 v kapitole 5.1).	Potvrzení (například "Ano")  Maximální možné rozměry generátorového soustrojí pro umožnění instalace jsou: výška 5 m, šířka 4,3 m, délka 11 m.	[Potvrzení Dodavatele]  Max. výška soustrojí (obálka): [hodnota v m]  Max. šířka soustrojí (obálka): [hodnota v m]  Max. délka soustrojí (obálka): [hodnota v m]
3	<b>Kotvicí body soustrojí</b> (upevňovací body základů) <b>jsou podle požadavků definovaných Zadavatelem</b> (viz požadavek 5.1.1 v kapitole 5.1).	Potvrzení (například "Ano")	[Potvrzení Dodavatele]
4	Nabízený <b>system je kompatibilní s bezpečným paralelním provozem</b> společně se stávajícím generátorem GG3 (již existujícím v majetku ÚFP) do společné zátěže (viz požadavek 5.1.2 v kapitole 5.1).	Potvrzení (například "Ano")	[Potvrzení Dodavatele]

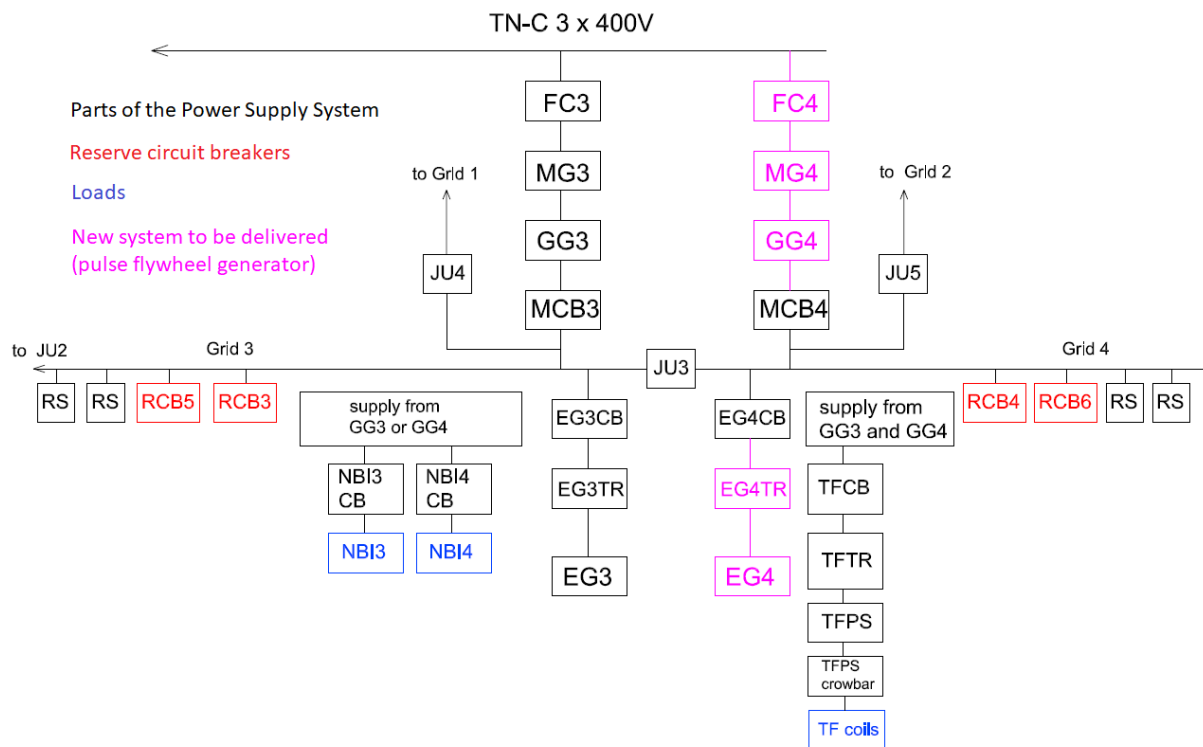
No.	Název / popis požadavku	Povolená hodnota / popis	Nabídnutá hodnota / popis Dodavatele
5	Elektrické a mechanické parametry nabízeného soustrojí generátoru.	108 MVA +/- 5 % pro Nominální výkon (viz požadavek 5.2.1)  26 000 – 28 500 kg.m <sup>2</sup> pro Moment setrvačnosti (zahrnuje motor) (viz požadavek 5.2.2)  1 700 ot./min. pro Maximální provozní otáčky (viz požadavek 5.2.3)  1 200 ot./min. pro Minimální provozní otáčky (viz požadavek 5.2.4)  132 830 kg +/- 4 % pro Hmotnost soustrojí (viz požadavek 5.2.5)  3 pro Počet fází (viz požadavek 5.2.6)  10 400 V +/- 2% pro Nominální výstupní napětí (viz požadavek 5.2.7)	Nominální výkon: [hodnota v MVA]  Moment setrvačnosti (zahrnuje motor): [hodnota v kg.m <sup>2</sup> ]  Maximální provozní otáčky: [hodnota v ot./min.]  Minimální provozní otáčky: [hodnota v ot./min.]  Hmotnost soustrojí: [hodnota v kg]  Počet fází: [hodnota]  Nominální výstupní napětí: [hodnota ve Voltech]
6	Typ rozběhového motoru je: <b>synchronní motor s permanentními magnety.</b>	Potvrzení (například "Ano")	[Potvrzení Dodavatele]
7	<b>Stabilita výstupního napětí</b> nabízeného systému <b>je kompatibilní s paralelním provozem se stávajícím generátorem GG3 do společné zátěže</b> (viz požadavek 5.2.8 v kapitole 5.2).	Potvrzení (například "Ano")	[Potvrzení Dodavatele]

## 4 Terminologie, názvy a slovník

### 4.1 Schéma zapojení setrvačnickového rázového generátoru do Systému napájení tokamaku

Tato kapitola obsahuje část obecného schématu Systému napájení tokamaku COMPASS-U, která se týká dodávaného systému (soustrojí setrvačnickového rázového generátoru GG4 a jeho podpůrné systémy – frekvenční měnič motoru FC4, motor MG4, měnič buzení EG4 a transformátor buzení EG4TR).

Obecné schéma obsahuje stávající generátor GG3 a zátěže připojené k paralelně pracujícím generátorům - cívky toroidálního pole TF a systémy vstřiku neutrálních částic NBI. Upozorňujeme, že se nejedná o paralelní provoz dvou generátorů ve společné VN síti, ale jedná se o paralelní provoz do společné zátěže TF cívek, přes impedanci transformátorů a tyristorových měničů.



Obrázek 4.1.1: Obecné schéma Systému napájení tokamaku COMPASS-U. Viz „Tabulka 4.1.1 Popis zkratk v obecném schématu“ pro vysvětlení zkratk.

Názvy a zkratky komponent Systému napájení tokamaku, které jsou použity v obecném schématu Obrázek 4.1.1, jsou popsány v následující tabulce.



Tabulka 4.1.1 Popis zkratek v obecném schématu

Zkratka	Stručný popis	
TN-C	Elektrická síť se společným nulovým vodičem a ochranným zemničem/zemním vodičem	
JU	Spojnice mezi sítěmi VN	
GG	Setrvačnickový generátor	
	GG3	Stávající setrvačnickový generátor
	GG4	Dodávaný setrvačnickový generátor
MG	Motor setrvačnickového generátoru	
FC	Frekvenční měnič motoru setrvačnickového generátoru	
MCB	Hlavní vypínač pro setrvačnickový generátor (nebo pyrobreaker)	
EG	Měnič buzení setrvačnickového generátoru	
	EGTR	Transformátor buzení
	EGCB	Vypínač / stykač buzení
TF	Cívky toroidálního pole	
TFPS	Napájecí zdroj toroidálního pole	
TFTR	Transformátor pro napájení toroidálního pole	
TFCB	Vypínač pro napájení toroidálního pole	
NBI	Systém vstřiku neutrálních částic	
	NBI3	Plánované nové systémy NBI 1 MW
	NBI4	Plánované nové systémy NBI 1 MW
	NBICB	Vypínač pro obvod NBI
RCB	Rezervní vypínač	
RS	Vyhrazený prostor pro vypínač	

## 4.2 Seznam použitých zkratek a názvů (slovník)

Tabulka 4.2.1 Slovník zkratek a názvů

CODAC	Systém řízení, sběru dat a komunikace. Hlavní řídicí systém tokamaku.
COMPASS-U	COMPASS-U: Tokamak pro špičkový výzkum jaderné fúze
Dodavatel	V této Technické specifikaci je exkluzivně používán tento termín.
Zadavatel	V této Technické specifikaci je exkluzivně používán tento termín.
Dodávaný systém	<p>V tomto dokumentu (Technická specifikace Setrvačnickový rázový generátor) se pod pojmem "systém" (bez přídavného jména), resp. „dodávaný systém“, zpravidla rozumí „Setrvačnickový rázový generátor“, včetně všech součástí popsaných v kapitole 2.1 - Rozsah dodávky. Termíny „Setrvačnickový rázový generátor“, „setrvačnickový generátor“, „generátor“ a „rázový generátor“ jsou používány záměnně.</p> <p>Pokud je slovo „systém“ použito s upřesňujícím přídavným jménem (např. „řídicí systém“, „chladicí systém“, atd.), jedná se o dílčí systém, tj. nejedná se o „setrvačnickový rázový generátor“.</p>
Stávající generátor (GG3) vs. Dodávaný generátor (GG4)	Dodávaný systém bude v rámci Systému napájení tokamaku označen jako GG4. Bude pracovat společně s generátorem GG3 (stávající generátor), který není součástí dodávky, jako zdroj energie pro TF cívky tokamaku COMPASS-U a pro systémy dodatečného ohřevu plazmatu (ECRH, NBI).
ECRH	Ohřev elektronovou cyklotronovou rezonancí (Electron Cyclotron Resonance Heating)
Konečný předávací protokol	Protokol k podepsání po provedení zkoušek SAT, viz kapitola 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky. Termín je též používán v Kupní smlouvě.
Náhradní zátěž	V rámci testů SAT bude použita náhradní zátěž (viz kapitola 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky).
NBI	Systém vstřiku neutrálních částic (Neutral Beam Injection)
Systém napájení tokamaku	Existující Systém napájení tokamaku, do kterého je dodávaný systém (setrvačnickový rázový generátor) integrován.
řídicí systém Systému napájení tokamaku	Existující řídicí systém, který řídí Systém napájení tokamaku. Dodávaný systém (setrvačnickový rázový generátor), resp. jeho řídicí systém, je integrován do řídicího systému Systému napájení tokamaku.
Systém ochrany osob	Systém používaný k ochraně osob vstupujících do experimentálního prostoru (např. do haly tokamaku). Systém není součástí dodávky, patří a je provozován zadavatelem.
Systém ochrany tokamaku	Systém používaný k ochraně tokamaku před poškozením (např. systém ochrany tokamaku může požádat o zastavení proudů dodávaných Systémem napájení tokamaku). Tento systém není součástí dodávky, patří a je provozován Zadavatelem.
Test plného výkonu	Popis viz kapitola 5.7 - Požadavky na přijímací zkoušky.
TF cívky	Cívky toroidálního pole
ÚFP	Ústav fyziky plazmatu (Akademie věd ČR)
UPS	Nepřerušitelné napájení.

## 5 Tabulka technických požadavků

Požadavky v tabulkách v celé části "5 - Tabulka technických požadavků" jsou rozděleny do oddílů pouze pro přehlednost. Pokud má tedy požadavek dopad mimo obsah konkrétního oddílu, musí být splněn bez ohledu na obsah konkrétního oddílu.

### 5.1 Obecné požadavky

Tabulka 5.1.1: Obecné požadavky

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	<p>Systém se musí <b>vejít do vyhrazeného prostoru pro instalaci</b>.</p> <p>Popis a požadavky:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Podklady k instalačnímu prostoru je možné nalézt v příloze „Příloha Technické specifikace č. 2- Instalační prostor“.</li> <li>Maximální možné rozměry generátorového soustrojí pro umožnění instalace jsou: výška 5 m, šířka 4,3 m, délka 11 m.</li> <li><b>Kotvicí body soustrojí</b> (upevňovací body základů) jsou definované <b>Zadavatelem</b> a jejich rozmístění je uvedené v souboru „rozmísteni_kotvicich_bodu.jpg“ v příloze „Příloha Technické specifikace č. 2- Instalační prostor“.</li> <li><b>Prostor určený pro mazací stanici</b> (olejové hospodářství):                         <ol style="list-style-type: none"> <li>Je umístěn <b>v suterénu na roštové podlaze</b>, úroveň ~ 4 m pod základnou soustrojí.</li> <li>Max. přípustný půdorys je 3 m x 4,5 m, včetně přírodních potrubí (olej, chladicí kapalina), napájecích kabelů a dostatečně objemné zachytné vany pro případ úniku oleje (tato je součástí dodávky).</li> <li>Pro instalaci nutno rozebíratelné na díly o hmotnosti &lt; 5 t a maximální šíři 2,8 m.</li> </ol> </li> <li><b>Prostor určený pro brzdné rezistory</b>:                         <ol style="list-style-type: none"> <li>Brzdné rezistory pro nouzové zastavení: <b>5,7 m<sup>2</sup></b> (polovina podesty 3 m x 3,8 m)</li> <li>Brzdné rezistory pro zastavení: <b>6,125 m<sup>2</sup></b> (polovina podesty 2,5 m x 4,9 m)</li> </ol> </li> <li><b>Prostor určený pro ostatní technologie</b> (řídící skříně, frekvenční měnič, transformátory, měniče buzení, ...): <b>&lt; 20 m<sup>2</sup></b>.</li> <li>Součásti dodávaného systému nejsou vždy umístěné blízko u sebe, jejich rozmístění je dané možnými</li> </ol>	Ano

	dispozicemi a schvaluje jej Zadavatel.	
2	<p><b>Systém musí být kompatibilní s bezpečným provozem společně se stávajícím generátorem GG3</b> (již existujícím v majetku ÚFP) <b>do společné zátěže</b> (nejedná se o paralelní provoz dvou generátorů ve společné VN síti, ale jedná se o paralelní provoz do společné zátěže, přes impedanci transformátorů a tyristorových měničů).</p> <p><b>Dodavatel musí navrhnout řízení dodávaného systému</b> (setrvačnickový rázový generátor GG4) <b>a algoritmus řízení stávajícího generátoru GG3 tak, aby je bylo možné provozovat v paralelním zapojení.</b></p> <p>Zapojení do společné zátěže je popsáno v kapitolách 6.1 - Cívky toroidálního pole, 6.2 - Systémy dodatečného ohřevu plazmatu, 6.3 - Pokles efektivního napětí GG3 při nižších otáčkách a vysokém zdánlivém výkonu, 6.4 - Schéma zapojení generátorů GG3 a GG4 do společné zátěže a v příloze „Příloha Technické specifikace č. 1- Model části Systému napájení tokamaku“.</p> <p>Poznámka: Požadavky 5.2.1 – 5.2.8, vyžadující mechanické a elektrické parametry dodávaného systému, jsou de facto podmnožinou (součástí) tohoto požadavku.</p>	Ano
3	<p><b>Rozptylové magnetické pole</b> systému <b>musí být minimalizováno</b> použitím těchto prvků:</p> <p>1) Kabely: Pro připojení různých částí systému použijte čtyřvodičové kabelové svazky. V každém z kabelů musí být proud odváděn od zdroje jedním párem diagonálně umístěných vodičů a přiváděn zpět druhým párem. Tím se sníží magnetické pole vyzařující do okolí.</p> <p>2) Přípojnice: Přípojnice + a - musí být umístěny co nejbližší u sebe, aby se minimalizovalo rozptylové magnetické pole.</p>	Ano
4	<p><b>Součástí dodávky</b> systému <b>jsou náhradní díly</b>, které se stávají majetkem Zadavatele.</p> <p>Jsou požadovány náhradní díly pro následující třídy součástí:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><u>Pojistky</u>: pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</li> <li><u>Drivery</u> pro tyristorové a tranzistorové moduly: pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň</li> </ol>	Ano

	<p>jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</p> <p>3. <u>Tyristorové moduly</u>: pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</p> <p>4. <u>Diodové moduly</u>: pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</p> <p>5. <u>Kondenzátory</u>: pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</p> <p>6. <u>Části řídicího systému</u>: nízkourovňové kontroléry, senzory, části pro monitorování systému, sběry dat, komunikační jednotky; pro každý použitý typ <b>více než 10 %</b> (ale vždy alespoň jeden kus) z instalovaného počtu v celém systému.</p>	
5	<p><b>Školení</b> zaměstnanců/pracovníků <b>Zadavatele</b> pro obsluhu, údržbu a kontrolu systému. Dodavatel proškolí až pět zaměstnanců Zadavatele a to nejpozději k datu podepsání Konečného předávacího protokolu. Časový rozsah školení bude alespoň 8 hodin. Po ukončení školení budou proškolení zaměstnanci schopni samostatně obsluhovat dodávaný systém a samostatně provádět jeho obsluhu a údržbu. Po ukončení školení Dodavatel vydá proškoleným zaměstnancům písemné osvědčení, že úspěšně absolvovali školení a že jsou plně způsobilí k obsluze, údržbě a řízení systému.</p> <p><b>Školení musí obsahovat tyto části:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>Úvod</u>: popis funkce, parametrů a interakcí s ostatními částmi Systému napájení tokamaku.</li> <li>2) <u>Obsluha</u>: denní spuštění, zastavení, provoz; řešení běžně se vyskytujících chyb a poruch; umístění dalších informací o poruchách.</li> <li>3) <u>Údržba</u>: postupy údržby, včetně pravidelných kontrol a seznamu požadavků na dlouhodobou údržbu (například 1x za 10 let rentgenová kontrola transformátorů).</li> <li>4) <u>Školení "Bezpečnost a ochrana zdraví při práci"</u>: podle požadavků českého práva.</li> <li>5) <u>Školení o zvládnání nouzových situací</u>: včetně školení o reakci na závažné poruchy.</li> <li>6) <u>Přehled montážních a demontážních pokynů a postupů</u></li> </ol> <p><b>Dodavatel musí poskytnout pro každou z tematických oblastí</b> (v elektronické podobě a v tištěné podobě):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Obsah</li> <li>2) Přehled (např. v podobě prezentací)</li> </ol>	Ano

	<p>3) Materiály používané během školení</p> <p>Školení může být provedeno formou ústní přednášky s technickou dokumentací systému jako podkladem.</p> <p><b>Součástí je školení zaměřené na software a firmware</b> - používání, programování, nasazení, funkčnost, popis chyb a hledání jejich příčin.</p>	
6	<p><b>Očekávaná životnost systému.</b></p> <p>Tento požadavek nspecifikuje záruční dobu, ale určuje, že systém a jeho části musí být navrženy pro tuto životnost.</p> <p>Poznámka: předpokládaný počet pulzů tokamaku za rok je 2000 až 2500 (ne všechny pulzy jsou prováděny na plných výkonových parametrech).</p>	Více než 30 000 pulzů tokamaku na plných výkonových parametrech nebo alespoň 15 let - podle toho, která z těchto dvou podmínek bude splněna dříve.
7	<p><b>Chladicí systém</b> musí být realizován tak, aby byly části systému <b>chráněny před kondenzací vzdušné vlhkosti</b>.</p> <p>Zadavatel Dodavateli poskytne <b>chladicí směs glykol-voda (30 % / 70 %)</b>, se <b>vstupní teplotou</b> na dodávaném systému <b>35 °C</b>, se <b>vstupním tlakem</b> na dodávaném systému <b>300 kPa</b>. Maximální <b>povolený tlakový spád</b> na dodávaném systému je <b>150 kPa</b>, maximální <b>povolené zvýšení teploty</b> chladicího média je <b>20 °C</b>, maximální <b>dostupný chladicí výkon 550 kW</b> a maximální <b>dostupný průtok 75 m<sup>3</sup>/h</b>.</p> <p>Hala je vybavena větráním a odvodem tepla ze vzduchu. <b>Volná kapacita</b> pro dodávaný systém (tj. pro odvod tepla přes tělo soustrojí do vzduchu) <b>je &lt; 40 kW</b>.</p>	Ano
8	<p>Systém <b>nesmí vracet energii zpět do veřejné elektrické sítě</b>. Brzdění setrvačnickového generátoru musí být realizováno tak, aby se přebytečná energie rozptýlila v rezistorech a nevracela se zpět do veřejné sítě.</p> <p>Poznámka: Prostor pro brzděné rezistory je popsán v požadavku 5.1.1.</p>	Ano
9	<p>Systém musí být navržen a zkonstruován tak, aby umožňoval běžný provoz v <b>budově, která nemá regulaci vlhkosti</b>.</p>	Ano
10	<p>Systém musí být navržen a konstruován tak, aby umožňoval běžný provoz v podmínkách, kdy je přítomno <b>rozptylové magnetické pole tokamaku (&lt;1 mT v</b></p>	Ano

	prostoru určeném k umístění rozvaděčů řídicího systému, což je prostor s nejvyšším magnetickým polem z hlediska prostorů určených k instalaci součásti dodávaného systému).	
11	<b>Všechny součásti</b> systému <b>musí být nově vyrobeny</b> , tj. nesmí být znovu použity nebo renovovány. Tento požadavek mimo jiné platí pro soustrojí setrvačnickového generátoru, transformátory a řídicí systém.	Ano
12	<b>Typ použitých</b> transformátorů.	Suchý transformátor pro vnitřní použití.
13	Elektrické připojení <b>přívodů a vývodů použitých transformátorů</b> (kabely nebo přípojnice) <b>musí vydržet mechanické namáhání v případě poruchy a zkratu</b> , dokud je neodpojí vypínač nebo jistič.	Ano
14	<b>Tepelná ochrana vinutí použitých transformátorů</b> , připojená k řídicí logice rozvaděče.	Ano

## 5.2 Požadavky na soustrojí setrvačnickového rázového generátoru

Tabulka 5.2.1: Požadavky na soustrojí setrvačnickového rázového generátoru

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	<b>Nominální výkon</b> dostupný na výstupu systému.	108 MVA +/- 5 %
2	<b>Moment setrvačnosti</b> soustrojí setrvačnickového generátoru.  Hodnota by měla zahrnovat všechny rotující části, které ukládají energii - motor, setrvačnick a generátor.	26 000 – 28 500 kg.m <sup>2</sup>  (Pozor, tato hodnota zahrnuje i motor.)
3	<b>Maximální provozní rychlost otáčení a odpovídající výstupní frekvence</b> soustrojí setrvačnickového generátoru.	1 700 ot./min.  85 Hz
4	<b>Minimální provozní rychlost otáčení a odpovídající výstupní frekvence</b> soustrojí setrvačnickového generátoru.	1 200 ot./min.  60 Hz
5	<b>Hmotnost</b> soustrojí setrvačnickového generátoru.  Poznámka: Údaj je vyžadován z důvodu umístění soustrojí na základový blok, na kterém je již umístěn stávající generátor GG3 o této hmotnosti.	132 830 kg +/- 4 %
6	<b>Počet fází</b> setrvačnickového generátoru.	3
7	<b>Nominální výstupní napětí</b> setrvačnickového generátoru.  Efektivní hodnota sdruženého napětí při zapojení do hvězdy.	10 400 V +/- 2 %
8	<b>Stabilita výstupního napětí</b> dodávaného setrvačnickového generátoru <b>musí být kompatibilní s paralelním provozem se stávajícím generátorem GG3 do společné zátěže.</b>  Poznámka: Zapojení do společné zátěže a stabilita výstupního napětí stávajícího generátoru GG3 jsou popsány v kapitolách 6.1 - Cívky toroidálního pole, 6.2 - Systémy dodatečného ohřevu plazmatu, 6.3 - Pokles efektivního napětí GG3 při nižších otáčkách a vysokém zdánlivém výkonu, 6.4 - Schéma zapojení generátorů GG3 a GG4 do společné zátěže a v příloze „Příloha	Ano



	Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku“.	
9	<b>Konfigurace soustrojí</b> bude v pořadí motor – generátor – setrvačnick.	Ano
10	<b>Směr otáčení soustrojí</b> při pohledu na společnou hřídel směrem od setrvačnicku k motoru.	Vlevo (proti směru hodinových ručiček)
11	<b>Umístění svorkovnic pro připojení kabeláže</b> soustrojí generátoru a <b>umístění přívodů chladicího média</b> při pohledu na společnou hřídel směrem od setrvačnicku k motoru.	Vlevo
12	<b>Soustrojí musí být kompatibilní s již existujícími základy</b> (tj. železobetonový odpružený blok tvořící základy generátoru).  Poznámka: Část tohoto požadavku je pokryta dílčími požadavky 5.1.1, 5.2.9, 5.2.10, 5.2.11. Rozměry základu jsou v příloze „Příloha Technické specifikace č. 2-Instalační prostor“.	Ano
13	Požadavky na <b>rekuperaci energie</b> .  Poznámka: jedná se o rekuperaci z TF cívek tokamaku do setrvačnickového generátoru, nikoli do veřejné elektrické sítě.	> 40 MW, > 60 MJ z cívek TF po fázi flat-topu.
14	<b>Doba</b> od příkazu ke spuštění setrvačnickového generátoru do <b>dosažení maximálních provozních otáček</b> .	< 40 min.
15	<b>Doba trvání</b> od příkazu k zastavení setrvačnickového generátoru otáčejícího se maximální provozní rychlostí otáčení do <b>dosažení nulové rychlosti otáčení</b> .  Poznámka: V oddíle "5.1 - Obecné požadavky" je uveden požadavek, že energie se nesmí vracet do veřejné sítě. To vyžaduje použití brzdných odporů nebo podobného způsobu zmaření energie.	< 30 min.
16	Soustrojí generátoru musí mít <b>mechanickou brzdu schopnou brzdit od alespoň 100 ot./min a v nouzovém režimu</b> (např. při riziku požáru, s možností poškození mechanické brzdy) <b>od alespoň 200.ot/min</b> .	Ano

17	<b>Doba trvání</b> od příkazu k zastavení setrvačnickového generátoru otáčejícího se maximální provozní rychlostí otáčení do <b>dosažení nulové rychlosti otáčení v nouzovém (např. při riziku požáru) režimu</b> (např. sepnutí brzd, které může vést k jejich poškození, nebo při přetížení motoru).	< 20 min.
18	<b>Doba trvání</b> zvýšení otáček setrvačnickového generátoru z <b>minimálních</b> provozních otáček <b>na maximální provozní otáčky</b> .	< 20 min.
19	Minimální instalovaný <b>počet snímačů otáček</b> .  Měření otáček setrvačnickového generátoru se provádí na dvou různých místech generátoru pomocí tří snímačů otáček. Alespoň jedno z těchto dvou různých míst musí být na setrvačnicku nebo na generátoru (tj. nesmí být na motoru). Řídicí systém bude vyžadovat alespoň dva funkční snímače, aby umožnil provoz generátoru.	≥ 3
20	Všechna <b>pomocná zařízení a ochranné prvky</b> nezbytné pro bezpečný provoz generátoru jsou součástí dodávky (mazací jednotka, motor, měnič pro motor, ovládání, UPS, ...).	Ano
21	<b>Připojovací vedení od svorek generátoru k hlavnímu vypínači</b> musí být provedeno tak, aby za předpokládaných okolností (standardní provoz, servisní a manipulační stavy, předpokládané poruchové situace) <b>nemohlo dojít ke zkratu</b> , který by mohl generátor zničit.	Ano
22	<b>Hluk generátoru, když je zakrytovaný.</b>	< 85 dB
23	<b>Provozní ovládací prvky</b> včetně veškerého příslušenství jsou <b>dálkově ovladatelné</b> a monitorovatelné z velína tokamaku a z vyhrazeného místa v rozvodně.	Ano
24	Mazací jednotka a okruh budou schopny zajistit <b>bezpečné zastavení setrvačnickového generátoru</b> při <b>výpadku napájení</b> z vnější elektrické sítě, aniž by došlo k poškození setrvačnickového generátoru.	Ano
25	Setrvačnickový generátor musí být vybaven <b>měřením proudu všech výstupních fází</b> s frekvencí vzorkování > 1 kHz a záznamem v řídicím systému.	Ano

26	Setrvačnickový generátor musí být vybaven <b>rychlou detekcí nebezpečného nadproudu</b> , která v případě nadproudu informuje řídicí systém Systému napájení tokamaku a umožní mu reagovat (např. aktivací VN vypínačů).	Ano
27	<b>Řídicí systém musí dát pokyn k zastavení pulzu Systému napájení tokamaku, pokud zjistí (nebo předpoví) přehřátí generátoru.</b>  Příklad: Řídicí systém musí zastavit pulz, pokud vypočítá, že teplota vinutí generátoru překročí povolenou hodnotu v důsledku neobvykle dlouhé doby trvání buzení.	Ano
28	Setrvačnickový generátor musí být vybaven <b>redundantními čidly pro stanovení teploty</b> vinutí a ložisek.	Ano
29	<b>Teplotní čidla v ložiskách</b> musí být <b>vyměnitelná</b> (tj. odnímatelná a vyměnitelná) bez nutnosti výměny celých ložisek.	Ano
30	Generátor a připojovací vedení k rozvaděči VN budou chráněny jako celek <b>diferenciální ochranou</b> nebo jinou potřebnou ochranou.	Ano

### 5.3 Požadavky na rozběhové zařízení generátoru

Rozběhové zařízení zahrnuje motor, frekvenční měnič, transformátor frekvenčního měniče, brzdné odpory a příslušenství.

Tabulka 5.3.1: Požadavky na rozběhové zařízení generátoru

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	<b>Možnost nastavení výkonu motoru</b> setrvačnickového generátoru pro <b>spuštění setrvačnickového generátoru</b> z grafického uživatelského rozhraní (GUI).	Ano
2	<b>Možnost nastavení časové sekvence spuštění setrvačnickového generátoru</b> z grafického uživatelského rozhraní.	Ano
3	<b>Rozběhový motor</b> , který bude napájen z hlavní sítě 3 x 400 V, bude <b>řízen frekvenčním měničem</b> .	Ano
4	<b>Typ</b> rozběhového motoru.	Synchronní motor s permanentními magnety
5	<b>Rozběhový motor</b> musí během <b>nouzového brzdění</b> (např. při riziku požáru) brzdit pomocí <b>připojení do brzdných odporů, kde připojení obchází frekvenční měnič</b> (tj. připojení je realizováno pomocí stykačů).  Pozn.: Primárním důvodem je maximalizace spolehlivosti nouzového brzdění dodávaného systému.	Ano
6	<b>Brzdné odpory</b> připojované během nouzového brzdění dodávaného systému rozběhovým motorem <b>musí být připojovány v čase sekvenčně, alespoň ve dvou stupních</b> .  Poznámka: k motoru je nejdříve (v prvním stupni sekvence) připojen odpor, s poklesem otáček klesá napětí dodávané odporu motorem, následně (v druhém stupni sekvence) bude připojen paralelně druhý odpor, který zvýší proud a mařený výkon.	Ano

## 5.4 Požadavky na systém buzení generátoru

Systém buzení zahrnuje měniče buzení, budicí transformátor NN, budicí transformátor VN a příslušenství.

Tabulka 5.4.1: Požadavky na systém buzení generátoru

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	<p><b>Budicí vinutí generátoru bude napájeno ze statických měničů.</b></p> <p>Pro buzení generátoru a testování bez zátěže bude nejprve použit budič napájený z externího zdroje 400V/50Hz.</p> <p>Druhý budič bude napájet budicí vinutí ze sítě vlastního generátoru přes transformátor.</p>	Ano
2	<p><b>Parametry transformátoru EG4TR pro buzení setrvačnickového generátoru musí umožňovat provoz generátoru podle jeho požadované specifikace.</b></p> <p>Transformátor EG4TR musí být napájen z generátoru GG4.</p>	Ano
3	<p><b>Transformátor EG4TR musí být schopen pracovat s měnící se frekvencí v závislosti na výstupu generátoru.</b></p>	Ano

## 5.5 Požadavky na řídicí systém

Řídicí systém setrvačnickového generátoru je součástí dodávky a plní tyto úkoly a účely:

- 1) Řízení dodávaného systému
- 2) Nastavení parametrů dodávaného systému
- 3) Monitorování dodávaného systému
- 4) Ukládání všech měření, provozních stavů, chyb - výstražných a poruchových protokolů, nastavení a přístupových protokolů (po omezenou dobu)
- 5) Komunikace s externími systémy (systémy, které nejsou součástí dodávaného systému – to je především řídicí systém Systému napájení tokamaku, ale i systém ochrany tokamaku a systém ochrany osob)
- 6) Komunikace s odpovědnými pracovníky (grafické uživatelské rozhraní)
- 7) Bezpečnost personálu - nebezpečné stavy nebo situace způsobené dodávaným systémem, jeho provozem nebo poruchami musí být řešeny bezpečně
- 8) Bezpečnost dodávaného systému - zabraňuje poškození nebo poruchám v dodávaném systému

Nejdůležitějšími vlastnostmi řídicího systému jsou:

- 1) Řídicí systém musí blokovat příkazy a nastavení parametrů, které ohrožují bezpečnost personálu, které mohou poškodit jakoukoli část systému nebo které jsou mimo definované meze.
- 2) Řídicí systém musí zajistit bezpečné vypnutí systému v případě poruchy systému nebo výpadku napájení.
- 3) Řídicí systém musí umožnit jednoznačnou identifikaci příčin poruch v případě poruch systému.
- 4) Řídicí systém musí umožňovat přístup ke všem uloženým informacím (nastavení, měření, protokoly, ...) standardizovaným způsobem (formát souboru, přístup k programu, ...).
- 5) Grafické uživatelské rozhraní musí indikovat stav systému, umožňovat nastavení parametrů systému, informovat o výstrahách, chybách a poruchách a umožňovat přístup ke všem měřením.

### *Obecný popis funkcionality řídicího systému Systému napájení tokamaku*

Hlavní řídicí systém tokamaku (není součástí dodávky, bude vybudován a provozován Zadavatelem) se nazývá CODAC - Control, Data Acquisition and Communication system. CODAC komunikuje s jednotlivými subsystémy tokamaku, včetně řídicího systému Systému napájení tokamaku (není součástí dodávky). Za ochranu tokamaku odpovídá tzv. systém ochrany tokamaku a systém ochrany osob.

Komunikaci mezi řídicími systémy tokamaku (CODAC, systém ochrany tokamaku a systém ochrany osob) zde označovány společně jako TCS (Tokamak Control System) a Systémem napájení tokamaku lze rozdělit do **tří různých kategorií**.

První kategorií je **pomalá komunikace**, která se používá pro přenos nastavení, stavu, kontrol před pulzem a po pulzu, všech provozních parametrů a měření a všech druhů poruch a varování.

Druhou kategorií je **komunikace v reálném čase**, která slouží k řízení všech napájecích zdrojů připojených k tokamaku v reálném čase. TCS pravidelně posílá všem napájecím zdrojům požadavek (typicky na požadovaný výstupní proud), který se vypočítá ve zpětnovazební smyčce TCS a který by měl být okamžitě realizován. TCS současně přijímá informace o základním stavu napájecích zdrojů (napájecí zdroj je v pořádku nebo ne, požadavek byl přenesen správně nebo ne, požadavek je platný nebo ne, kód chyby a stavu) a měření výstupů napájecích zdrojů (proud, napětí). Pro komunikaci v reálném čase jsou důležité latence a časová zpoždění, protože tyto latence jsou součástí řídicí zpětnovazební smyčky tokamaku COMPASS-U. Proto musí být tato komunikace realizována s nízkou latencí a napájecí zdroje musí mít co nejkratší dobu odezvy na požadavek (doba od okamžiku odeslání požadavku do zahájení reakce výstupu napájecího zdroje na požadavek). Předchozí tokamak COMPASS používal řídicí cyklus 0,5 ms pro "pomalé" řízení napájecích zdrojů a 0,05 ms pro "rychlé" řízení napájecích zdrojů. Perioda řídicího cyklu Systému napájení tokamaku COMPASS-U je 0,25 ms.

Třetí kategorií jsou **signály optického blokování (interlock)** v obou směrech (z a do řídicích systémů tokamaku) určené pro ochranu osob, bezpečnost zařízení a kritické kontroly a poruchy Systému napájení tokamaku. Tento interlock musí přenášet informace, které umožňují bezpečnou existenci (provoz, údržbu, ...) Systému napájení tokamaku.

Jednotlivé napájecí zdroje Systému napájení tokamaku musí být synchronizovány se společnými hodinami a musí mít interní hodinový výstup a externí hodinový vstup s indikací použitých hodin. Vnitřní řídicí cykly napájecích zdrojů musí umožňovat fázování vzhledem ke společnému času a umožňovat externí měření skutečné fáze.

Komunikační rozhraní, datové formáty, seznam měřených kanálů a signálů, přesnost měření a frekvence vzorkování, požadavky na ukládání dat, řízení bezpečnosti a přesné chování řídicího systému Systému napájení tokamaku bude popsáno při realizaci dodávaného systému ve spolupráci se Zadavatelem.

Řídicí systém Systému napájení tokamaku je rozdělitelný na moduly - funkční celky (např. setrvačnickové generátory, kondenzátorová baterie, mařič energie, rozvaděče, napájecí zdroje, ...). Toto rozdělení a určitá hierarchie řízení se předpokládá v následující tabulce požadavků. Řídicí systém setrvačnickového rázového generátoru GG4 (dodávaný systém) je jedním z těchto modulů – funkčních celků.

**Tabulka 5.5.1: Požadavky na řídicí systém**

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	<p>Řídicí systém setrvačnickového rázového generátoru bude <b>integrován do řídicího systému Systému napájení tokamaku a splní všechny požadavky pro komunikaci</b> s tímto nadřazeným řídicím systémem.</p> <p>Komunikace je popsána v kapitole „6.5 - Komunikace s řídicím systémem Systému napájení tokamaku“.</p>	Ano
2	<p>Řídicí systém (včetně rozhraní) aktivně <b>blokuje příkazy, které jsou pro systém nebezpečné</b>, které mohou poškodit jakoukoli část systému, které nastavují parametry nebezpečné pro jakoukoli část systému, které jsou mimo definovanou mez nebo které ohrožují</p>	Ano

	bezpečnost personálu.	
3	<b>Systém musí spolupracovat a být propojitelný se systémy, které řídí bezpečnost komplexu tokamaku (systém ochrany tokamaku, systém ochrany osob), s řídicím systémem Systému napájení tokamaku a se systémy pro chlazení.</b>	Ano
4	<b>Chyby nebo poruchy</b> v jednom nebo několika modulech <b>nesmí ovlivnit funkčnost řídicího systému, monitorovacího systému a uživatelského rozhraní</b> ostatních modulů (např. pokud není dostupná informace o stavu mazací stanice, musí být v uživatelském rozhraní viditelný stav soustrojí generátoru a musí být monitorován a kontrolován řídicím systémem).	Ano
5	<b>Moduly řídicího systému</b> musí umožňovat a zajišťovat: a) <b>bezpečný provoz a fungování technologických ochran a blokování</b> , včetně vazeb mezi bloky, b) <b>hierarchie řízení</b> : místní řízení funkčních jednotek, předávání řízení na vyšší úroveň, c) <b>sledování řídicích příkazů</b> . d) <b>přenesení kontroly</b> na vyšší úroveň (řídicí systém Systému napájení tokamaku)	Ano
6	Dodavatel poskytne <b>zdrojové kódy</b> aktuálně používané verze řídicího softwaru a softwaru rozhraní se <b>seznamem závislostí</b> a <b>manuálem pro kompilaci</b> (pokud je použit kompilovaný jazyk) a <b>manuálem pro nasazení</b> tak, aby byl Zadavatel schopen celý systém udržovat samostatně, v těchto třech stanovených termínech:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Při zahájení zkoušek SAT.</li> <li>2. Mezi úspěšným absolvováním všech zkoušek SAT a podpisem Konečného předávacího protokolu.</li> <li>3. Při skončení záruční doby.</li> </ol> <p>Zdrojové kódy musí být v programovacím jazyce, ve kterém programátor program napsal (nikoliv do něj přeložil).</p>	Ano
7	<b>Synchronizace data a času řídicího systému.</b>	Ano
8	Řídicí systém musí ukládat všechna měření, provozní stavy, chyby - výstražné a poruchové protokoly,	Ano



	<p>nastavení a přístupové protokoly, nejlépe v databázi.</p> <p>Uložené informace musí obsahovat časové značky.</p> <p>Informace musí být uloženy pro posledních 2000 pulzů Systému napájení tokamaku.</p> <p>Kontinuálně sbíraná data nebo data v pohotovostním (neaktivním) stavu dodávaného systému (např. otáčky generátoru) mohou být po 10 dnech komprimována (např. decimována).</p>	
9	<b>Kritické parametry</b> pro bezpečný provoz jsou <b>monitorovány a ukládány</b> .	Ano
10	Všechny informace a data (např. měření, provozní stavy, nastavení, protokoly, ...) uložené řídicím systémem musí být přístupné standardizovaným způsobem (formát souboru, kódování dat, názvy, ...) s programovým přístupem. Přístup k datům nesmí mít vliv na provoz systému. Přístup musí být možný kdykoli. Musí být možné exportovat data ze systému ve standardním datovém formátu.	Ano
11	<p>Nastavení všech parametrů a referenčních průběhů musí být k dispozici jako výstupní soubor dat, aby je řídicí systém Systému napájení tokamaku mohl zpracovat (uložit).</p> <p>Formát výstupního souboru dat musí být kompatibilní s řídicím systémem setrvačnickového rázového generátoru (aby bylo možné soubor dat použít pro opětovné nastavení systému).</p>	Ano
12	<p>Musí být možné nastavit všechny parametry systému:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) z grafického uživatelského rozhraní řídicího systému</li> <li>b) načtením nastavení použitého při předchozím výboji - načtení z databáze</li> <li>c) nastavením z řídicího systému Systému napájení tokamaku</li> <li>d) výběrem z předdefinované sady nastavení</li> </ul>	Ano
13	<p><b>Minimální seznam použitých signálů</b> (číslo signálu je převzato ze Systému napájení tokamaku)</p> <p>C1. přítomnost vstupního napájení, C2. stav a výkon záložních zařízení (např. UPS),</p>	Ano

	<p>C3. aktuální spotřeba energie motoru, C4. otáčky motoru, C5. otáčky generátoru, C6. stav nebo průtok mazání generátoru, C7. stav nouzového brzdění generátoru, C8. brzdňý výkon generátoru, C9. vibrace generátoru, C10. točivý moment generátoru, C11. všechny teploty generátoru (např. vinutí, ložiska, olej, ...), C12. teplota chladicího média generátoru, C13. budicí proud generátoru, C14. výstupní napětí generátoru, C15. výstupní proudy generátoru,</p> <p>C43. připraven na pulz tokamaku (resp. pulz Systému napájení tokamaku), C44. obecný povolovací signál, C45. obecný signál STOP, C46. nastavit systém do bezpečného stavu,</p> <p>C50. vstup pro poruchový signál (v reálném čase) pro celý Systém napájení tokamaku, C51. signál k roztočení generátoru (k roztočení po pulzu tokamaku), C52. signál nouzového zastavení generátoru, C53. poruchové signály pro všechny subsystemy, C54. varovné signály v případě požáru nebo jiné nebezpečné situace.</p> <p>Hlavním účelem existence minimálního seznamu signálů je <b>zajistit monitorování systému</b>, detekci nestandardního chování a <b>jednoznačnou identifikaci příčin poruch</b> (je vyžadována možnost následné analýzy dat). Proto se požaduje měření signálů, které lze měřit běžnými měřicími přístroji (např. napětí, ...). Přesnost měření musí být dostatečně vysoká, aby splnila hlavní účel. Signály, které vznikají měřením, se označují jako měření.</p>	
<b>Rozhraní s řídicím systémem Systému napájení tokamaku</b>		
14	Zpoždění šíření poruchových signálů musí být tak krátké, jak je to nutné pro ochranu bezpečnosti personálu a dodávaného systému se všemi připojenými systémy.	Ano

	<p>Musí být zahrnuty rezervy pro zpoždění v řídicím systému Systému napájení tokamaku.</p> <p>Poruchy, které nejsou z bezpečnostního hlediska závažné, musí být rovněž propagovány bez zbytečných prodlev. Proto může řídicí systém Systému napájení tokamaku zajistit bezpečný provoz (nikoliv nouzové vypnutí) v případě omezené funkčnosti systému. (Např.: Pokud přestane fungovat chladicí okruh a pokud je chladicí systém stále schopen chladit, pak není nutné zastavit pulz nouzovým vypnutím. Signál o poruše chlazení se však musí prošířit bez zpoždění, aby bylo možné na poruchu před dalším pulzem správně reagovat a zabránit případné vážné situaci).</p>	
15	<p><b>V uživatelském rozhraní</b> bude možné <b>nastavit sekvenci roztočení generátoru</b> mezi pulzy tokamaku a spustit tuto sekvenci příkazem z řídicího systému Systému napájení tokamaku.</p> <p>Poznámka: Po pulzu tokamaku má generátor nižší rychlost otáčení. Není nutné jej roztočit ihned po pulzu tokamaku. Je výhodné jej roztočit na povel z řídicího systému Systému napájení tokamaku několik minut před pulzem tokamaku.</p> <p>Kromě toho není nutné roztočit generátor na maximální otáčky pro každý pulz tokamaku.</p>	Ano
16	<p><b>Synchronizace na externí hodiny</b>, vstup externích hodin, indikace použití externích hodin.</p> <p>Záloha pro případ ztráty externích hodin: přítomnost interních hodin.</p>	Ano
17	<p><b>Interní hodinový výstup</b>, který umožňuje připojení např. osciloskopu nebo sběru dat.</p>	Ano
18	<p>Řídicí systém musí <b>umožňovat testování SW</b> a testování <b>spolupráce s řídicím systémem Systému napájení tokamaku a ochranami</b>.</p>	Ano
19	<p>Řídicí systém musí být schopen a umožňovat testování každého subsystému (funkční jednotky systému), monitorování a diagnostiku jejich provozu.</p>	Ano
<b>Bezpečnost a ochrana</b>		

20	<b>Poruchové stavy</b> jsou <b>zpracovávány bezpečným způsobem, zaznamenávány</b> (s časovými značkami a všemi měřeními a stavy krátce před a po poruše) a propagovány (zobrazovány) na správné místo (a osobě).	Ano
21	V případě <b>poruchy</b> , kdy je možných několik variant bezpečné manipulace, <b>musí zvolená varianta zohlednit bezpečnost připojených zařízení</b> (např. tokamaku) a <b>personálu</b> , který se může nacházet v přístupných místech ovlivněných poruchou.	Ano
22	Řídicí systém musí mít <b>ochrany</b> , které v případě poruch systému <b>bezpečně zastaví provoz</b> a přepnou systém do bezpečného režimu.	Ano
23	<b>Detekce a upozornění na izolační a uzemňovací stav.</b>	Ano
24	Systém musí mít <b>automatickou testovací proceduru</b> , která je schopna <b>diagnostikovat poruchy a nestandardní chování</b> systému a hlásit je. Automatický test musí být prováděn při každém zapnutí setrvačnickového generátoru. Automatický test musí být možné spustit na povel z uživatelského rozhraní.	Ano
25	Řídicí systém musí zajistit přechod do bezpečného stavu systému v případě ztráty komunikace s nadřazeným řídicím systémem Systému napájení tokamaku.	Ano
<b>Uživatelské rozhraní</b>		
26	Monitorování a grafické uživatelské rozhraní musí <b>umožnit ověření správné funkce a nastavení</b> celého systému. V případě poruch systému musí umožnit <b>jednoznačnou identifikaci příčin poruchy</b> .	Ano
27	Monitorovací a grafické uživatelské rozhraní musí jasně a zřetelně <b>indikovat stav systému: provozní i bezpečnostní stav</b> .	Ano
28	Systém bude možné ovládat z nadřazeného řídicího systému Systému napájení tokamaku.	Ano
29	Monitorování a uživatelské rozhraní musí poskytovat <b>údaje ze všech redundantních senzorů a musí</b>	Ano

	<b>poskytovat varování, že se vzájemně neshodují.</b>	
30	Musí být <b>monitorováno buzení generátoru a referenční průběh a parametry</b> regulátoru buzení musí být <b>editovatelné z uživatelského rozhraní.</b>	Ano
31	Zacházení s <b>uživatelskými právy</b> . Ne každý má přístup ke všem nastavením; změny nastavení se zaznamenávají.	Ano

## 5.6 Požadavky na bezpečnost a ochranu

Tabulka 5.6.1: Požadavky na bezpečnost a ochranu

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
1	Systém musí <b>zajistit bezpečný provoz s ohledem na bezpečnost personálu</b> . Musí minimalizovat náhodu a zvládat nebezpečné situace a poruchy.	Ano
2	<b>Systém musí</b> v případě poruchy <b>plně chránit sebe</b> i připojené systémy. To zahrnuje ochranu proti nesprávnému použití nebo příkazům či nastavení. Systém musí být pro <b>účely vlastní ochrany plně soběstačný</b> (tj. nesmí být závislý na jiných systémech).	Ano
3	<b>Řídicí a monitorovací systém a všechny ostatní subsystémy</b> , které jsou nezbytné pro bezpečné vypnutí dodávaného systému s výjimkou mazací jednotky generátoru, <b>musí být chráněny proti výpadku napájení</b> .  UPS musí zajistit nepřetržitý provoz chráněného systému bez resetování nebo jiných negativních vlivů způsobených přerušením napájení až do bezpečného vypnutí systému bez ztráty kontroly nebo monitorování.	Ano  Minimální doba provozu při výpadku napájení $\geq 30$ min.
4	<b>Mazací jednotka generátoru musí být chráněna proti výpadku napájení</b> .  UPS musí zajistit nepřetržitý provoz chráněného systému bez negativních vlivů způsobených přerušením napájení až do bezpečného vypnutí dodávaného systému.	Ano  <b>Minimální doba provozu mazací jednotky při výpadku napájení <math>\geq 60</math> min.</b>
5	<b>UPS</b> (zdroj nepřerušitelného napájení) <b>musí být založen na technologii využívající chemickou baterii</b> . Dieselgenerátor, kondenzátor ani rotační UPS nejsou povoleny.	Ano
6	Zařízení budou splňovat <b>platné evropské normy a instalační předpisy</b> , včetně způsobu ochrany před nebezpečným dotykovým napětím.	Ano
7	<b>Prostory s omezeným přístupem</b> (např. prostory brzdných odporů) musí být ohraničeny <b>ochranným plotem</b> nebo chráněny <b>jinou ochranou</b> (např. skříňový rozvaděč se senzorem pro otevření a automatické vybití). Plot i jiné ochrany jsou součástí dodávky	Ano

	systému.	
8	Všechna <b>zařízení pro akumulaci energie</b> (kondenzátorové baterie, setrvačnickový generátor) musí mít <b>ochranu zajišťující bezpečnost personálu</b> (např. omezený přístup, řádné krytí, bezpečné vybíjení, ...).	Ano
9	Dodávaný systém <b>musí</b> , v součinnosti s VN rozvodnou (která je součástí Systému napájení tokamaku a není součástí této dodávky), <b>vydržet zkrat v připojené zátěži</b> , např. v napájecích zdrojích Systému napájení tokamaku, v transformátorech Systému napájení tokamaku a v cívkách tokamaku (včetně vodičů cívek TF).	Ano
10	<b>Kabeláž musí odolat zkratovým proudům</b> (působícím silám, tepelnému namáhání).	Ano
11	Systém včetně kabeláže <b>musí být chráněn proti úniku chladicí kapaliny</b> nebo vody z jiných zdrojů (tj. systémů umístěných v blízkosti dodávaného systému, které nejsou jeho součástí - např. přídavné chlazení, topení, ...).	Ano

## 5.7 Požadavky na přijímací zkoušky

Budou vyžadovány tři následující kategorie přijímacích zkoušek (upozorňujeme, že kategorie se mohou překrývat):

1. Veškeré zkoušky zařízení vyžadované příslušnými českými a evropskými předpisy a nařízeními. Dále všechny příslušné zkoušky zařízení, které jsou obecně považovány za běžnou správnou praxi v oboru. Tento požadavek zahrnuje zejména běžné zkoušky a typové zkoušky.
2. Zkoušky navržené Dodavatelem během přípravy návrhu projektu v rámci Plánu kvality.
3. Klíčové testy specificky požadované Zadavatelem. Seznam a popis těchto klíčových testů uvádí Tabulka 5.7.1: Požadavky na přijímací zkoušky.

Návrh realizace zkoušek musí být schválen Zadavatelem jako součást dodávky Projekční dokumentace, jejíž součástí je Plán kvality. Dodavatel je povinen vytvořit Plán kvality (viz odd. 5.8 - Požadavky na dokumentaci a zálohování SW), který bude obsahovat seznam kompletních zkoušek FAT a SAT s přesným uvedením požadovaných a prahových hodnot testů. Plán kvality bude podle potřeby aktualizován před provedením přijímacích zkoušek FAT a SAT, každá aktualizace Plánu kvality musí být nejprve schválena Zadavatelem. Výstup (protokol) a provedení akceptačního testu musí být rovněž schváleny Zadavatelem.

### Zkoušky FAT

Požadované přijímací zkoušky se dělí na FAT (Factory Acceptance Test – přijímací zkoušky v továrně) a SAT (Site Acceptance Test – přijímací zkoušky u Zadavatele). FAT jednotlivých komponent systému bude proveden v místě Dodavatele nebo v místě třetí strany. Po úspěšném provedení FAT jsou testované komponenty systému uvolněny k převzetí Zadavatelem a mohou se stát majetkem Zadavatele, pokud budou splněny další požadavky Kupní smlouvy.

Součástí všech FAT bude technická dokumentace (výkresy, elektrická schémata, katalogové listy a protokoly o zkouškách komponentů, ...), která prokáže, že testovaná část systému splňuje požadované celkové parametry. Tato technická dokumentace se následně stane součástí Dokumentace skutečného provedení.

### Zkoušky SAT

SAT instalovaného systému budou provedeny po jeho instalaci u Zadavatele. Po úspěšném absolvování všech SAT a podepsání Konečného předávacího protokolu bude kompletní instalovaný systém považován za dodaný a přijatý Zadavatelem. SAT budou zahrnovat zkoušky a kontroly základních parametrů systému včetně využití dodatečných měřicích systémů instalovaných Zadavatelem. SAT budou prováděny na dílčích nebo úplných parametrech systému.

Pro upřesnění, výše uvedený postup znamená, že existují tři události „zkoušky FAT“ pro tři dílčí plnění (Rozběhové zařízení rázového generátoru, Systém buzení rázového generátoru, Kompletní soustrojí setrvačnickového rázového generátoru) a jedna událost „zkoušky SAT“, při které budou testovány zároveň všechna čtyři dílčí plnění (tj. předchozí tři a Instalace, zprovoznění a přijímací zkoušky SAT).

Zadavatel má právo dohlížet na FAT i SAT a účastnit se jich, včetně použití dalších měřicích systémů instalovaných Zadavatelem.

### Test plného výkonu

Během záruční doby budou na žádost Zadavatele provedeny Testy plného výkonu systému, a to za technické podpory Dodavatele (včetně pracovníků přítomných na místě). Zkoušky provede Dodavatel pod vedením Zadavatele. Dodavatel zkontroluje správnou funkčnost systému a zajistí jeho bezpečnost



a ochranu. Zkoušky budou opakovat část SAT, ale na plných výkonových parametrech systému a s připojenými cívkami tokamaku COMPASS-U a se systémy dodatečného ohřevu plazmatu jako zátěží pro Systém napájení tokamaku.

#### Informace k „Tabulka 5.7.1 - Požadavky na přijímací zkoušky“

Tabulka obsahuje seznam zkoušek FAT a SAT a uvádí, které z těchto testů jsou požadovány také v rámci Testu plného výkonu. Pokud je požadována zkouška také v rámci Testu plného výkonu, pak se předpokládá, že původní přijímací zkouška SAT bude provedena při dílčích výkonnostních parametrech omezených dostupnou náhradní zátěží. Při Testu plného výkonu musí být prokázány plné výkonnostní parametry, jak jsou definovány v příslušné části této Technické specifikace.

Definice úspěšného (splněného) testu: Zkouška je úspěšná, pokud jsou střední hodnoty výsledků měření v rozsahu definovaném v návrhu systému pro hodnocený parametr, který zajišťuje správnou funkci systému podle požadavků definovaných v oddíle "5 - Tabulka technických požadavků" tohoto dokumentu, a zároveň je nejistota měření adekvátně porovnatelná s rozsahem požadovaným v „5 - Tabulka technických požadavků“. Hodnocené parametry pro zkoušky jsou uvedeny v plánech zkoušek (Plánu kvality). Výsledky měření a údaj o splnění kritérií pro úspěšnou zkoušku pro každý hodnocený parametr jsou součástí protokolu o zkoušce.

Tabulka 5.7.1: Požadavky na přijímací zkoušky

Číslo	Název a popis požadavku	Požadováno v rámci Testu plného výkonu	Hodnota / popis
<b>Rozběhové zařízení rázového generátoru – FAT</b>			
1	<p><b>FAT:</b> Roztočte motor z nulových otáček přinejmenším na <b>maximální provozní otáčky</b>. Zatěžte motor (např. dynamometrem) a prokažte, že dokáže <b>dodávat požadovaný výkon</b>. Ověřte funkci <b>aktivního brzdění</b> a maření energie v brzdných odporech za využití frekvenčního měniče. Ověřte funkci <b>nouzového brzdění</b> a maření energie v brzdných odporech při vynechání frekvenčního měniče, ověřte <b>sekvenční připojování brzdných odporů</b> při tomto scénáři.</p> <p>Zkouška musí prokázat funkčnost všech komponent kompletního rozběhového zařízení: transformátoru frekvenčního měniče, frekvenčního měniče, synchronního motoru, brzdných odporů a stykačů.</p>		Splnit test
2	<p><b>FAT:</b> Pro transformátory poskytněte <b>technickou dokumentaci a zkušební protokoly</b> vydané výrobcem podle platných českých a evropských předpisů.</p>		Ano
<b>Systém buzení rázového generátoru – FAT</b>			

3	<p><b>FAT:</b> Ověřte, že oba budiče (budič napájený z veřejné sítě a budič napájený z vlastní sítě generátoru) dokáží pracovat na <b>požadovaném napětí</b>, dokáží dodávat <b>požadovaný proud</b> a při provozu <b>nedojde k přehřátí</b> použitých komponent měničů.</p> <p>Zkouška musí prokázat, že měniče buzení jsou dimenzované s dostatečnou rezervou.</p>		Splnit test
4	<p><b>FAT:</b> Pro transformátory poskytněte <b>technickou dokumentaci a zkušební protokoly</b> vydané výrobcem podle platných českých a evropských předpisů.</p>		Ano
<b>Kompletní soustrojí setrvačnickového rázového generátoru – FAT</b>			
5	<p><b>FAT:</b> Roztočit generátor z nulových otáček přinejmenším na <b>maximální provozní otáčky</b>. Zabrzdit z maximálních provozních otáček na nulové otáčky. Otestovat <b>nouzové zabrzdění</b> z maximálních provozních otáček na nulové otáčky. Nabudit generátor přinejmenším na <b>jmenovité napětí</b>.</p> <p>Zkouška musí prokázat, že soustrojí generátoru lze roztáčet a brzdit, že lze nouzově zastavit v případě ohrožení a že dokáže generovat jmenovité napětí. Musí být prokázána funkčnost setrvačnickového generátoru a jeho podpůrných systémů (mazání, chlazení, buzení, ...).</p>		Splnit test
6	<p><b>FAT:</b> Změřte <b>hluk</b> dodávaného generátoru, když je zakrytovaný.</p>		Splnit test
<b>Zkoušky SAT</b>			
<p>Pro účely zkoušek SAT <b>Zadavatel poskytne</b> součinnost při použití <b>Systému napájení tokamaku</b> a dále poskytne <b>náhradní zátěž</b> nahrazující TF cívkou tokamaku. Tato náhradní zátěž umožní testovat dodávaný systém a jeho paralelizaci se stávajícím generátorem GG3 při <b>stejnoseměrném proudu náhradní zátěží 50 kA po dobu 1 sekundy</b>.</p>			
7	<p><b>SAT:</b> Roztočit generátor z nulových otáček přinejmenším na <b>maximální provozní otáčky</b>. Zabrzdit z maximálních provozních otáček na nulové otáčky. Otestovat <b>nouzové zabrzdění</b> z maximálních provozních otáček na nulové otáčky. Nabudit generátor přinejmenším na <b>jmenovité napětí</b>.</p> <p>Zkouška musí prokázat, že soustrojí generátoru lze roztáčet a brzdit, že lze nouzově zastavit v případě ohrožení a že dokáže generovat jmenovité napětí. Musí</p>		Splnit test

	být prokázána funkčnost setrvačnickového generátoru a jeho podpůrných systémů (mazání, chlazení, buzení, ...).		
8	<p><b>SAT:</b> Generátor bude <b>napájet zdroj toroidálního pole</b> TFPS, tj. bude připojen k transformátorům TFTR a <b>náhradní zátěži</b> dodané Zadavatelem. Dodavatel je povinen na žádost Zadavatele v tomto testu použít systém dodatečného ohřevu plazmatu NBI (Zadavatel poskytne nezbytnou součinnost) v režimu skokové změny odběru výkonu <b>k ověření stability napětí dodávaného systému.</b></p> <p>Zkouška musí prokázat, že setrvačnickový generátor dokáže napájet Systém napájení tokamaku včetně zátěže.</p>	Ano	Splnit test
9	<p><b>SAT:</b> Proveďte měření, které prokáže, že <b>stávající generátor GG3 a dodávaný generátor GG4 mají přijatelné rozložení odběru energie</b> při napájení zdroje toroidálního pole TFPS (když jsou oba připojeny k transformátorům TFTR a náhradní zátěži dodané Zadavatelem). Dodavatel je povinen na žádost Zadavatele v tomto testu použít systém dodatečného ohřevu plazmatu NBI (Zadavatel poskytne nezbytnou součinnost) v režimu skokové změny odběru výkonu <b>k ověření stability paralelizovaných generátorů.</b></p> <p>Účelem měření je prokázat, že TFTR a TFPS jsou schopny přijatelně rozdělit odběry energie z GG3 a GG4, tj. že generátory GG3 a GG4 jsou provozovatelné v požadované paralelní konfiguraci.</p>	Ano	Splnit test
10	<p><b>SAT:</b> Změřte hluk dodávaného generátoru GG4 společně se stávajícím generátorem GG3, když jsou uzavřeny ve společné samostatné budově. Měření je třeba provést v několika bodech podél obvodu vymezeného vzdáleností 1 m od haly generátoru a 1,5 m od země.</p> <p>Účelem měření je poskytnout Zadavateli změřené hodnoty generátorů, když jsou umístěny uvnitř oddělené budovy a když zrychlují na plnou provozní rychlost otáčení a jsou blízko plné provozní rychlosti otáčení. Zkouška se provede s oběma generátory v provozu.</p>		Splnit test
11	<p><b>SAT: Transformátory</b> dodávaného systému budou <b>napájet systém</b> během přejímacích testů SAT.</p> <p>Zkouška musí prokázat, že transformátory vyhovují konstrukci systému.</p>		Splnit test

12	<p><b>SAT: Test systému UPS.</b></p> <p>1) Vypněte vstupní napájení a zkontrolujte, zda chráněné části pracují správně. Zapněte vstupní napájení a zkontrolujte, zda jsou chráněné části napájeny z hlavního zdroje.</p> <p>2) Vypněte vstupní napájení, když jsou všechny chráněné části v provozním stavu (generátor na jmenovitých otáčkách, řídicí systém běží), a zkontrolujte správnou reakci systému - bezpečné vypnutí systému. Hlavní napájení se zapne až po úplném vybití UPS. Změří se čas, po který UPS poskytuje záložní napájení.</p> <p>Cílem je prokázat, že je UPS schopna spolehlivě chránit systém při výpadku napájení a má dostatek energie pro napájení chráněných částí až do bezpečného vypnutí.</p> <p>Test musí prokázat, že řídicí systém funguje a reaguje bezpečně při výpadku napájení.</p>		Splnit test
13	<p><b>SAT: Test bezpečnostních funkcí řídicího systému.</b> Musí dojít ke správnému protiopatření při <b>simulované</b> nebezpečné situaci (včetně různých souběžných poruch).</p> <p>Test musí prokázat, že řídicí systém bezpečně ovládá systém v jakémkoli stavu.</p>		Splnit test
14	<p><b>SAT: Test komunikace řídicího systému s řídicím systémem Systému napájení tokamaku.</b></p> <p>Test musí prokázat, že je systém správně integrován do Systému napájení tokamaku.</p>		Splnit test
15	<p><b>SAT: Test logických optických blokovacích signálů Systému napájení tokamaku a jejich prošíření k řídicímu systému rázového generátoru.</b></p> <p>Zkouška musí prokázat, že signalizace blokování funguje a provoz je bezpečný.</p>		Splnit test
16	<p><b>SAT: Test měření a diagnostiky systému.</b></p> <p>Test musí prokázat, že senzory a diagnostika systému fungují.</p>		Splnit test
17	<p><b>SAT: Test nastavení systému. Možnost nastavení parametrů použitého řízení. Test monitorovacího a záznamového systému.</b></p>		Splnit test

	Test musí prokázat, že řídicí systém funguje.		
--	---	--	--

## 5.8 Požadavky na dokumentaci a zálohování SW

Pro všechny komponenty systému Zadavatel požaduje nezbytnou dokumentaci pro jeho úspěšný provoz, údržbu a opravy i po dlouhé době provozu. Veškerá dokumentace je požadována buď v českém, nebo v anglickém jazyce, není-li výslovně určeno jinak (výjimku tvoří např. dokument „Prohlášení o shodě“).

1. Dodavatel bere na vědomí, že seznam zde uvedené dokumentace nemůže být považován za úplný seznam, a že je Dodavatel povinen, aby dodal dílo řádně a úplně, poskytnout jakoukoliv a veškerou dokumentaci zde specifikovanou přímo nebo nepřímo, stejně jako jakoukoliv dokumentaci, kterou zde nelze definovat přímo nebo nepřímo, ale jejíž přípravu lze předpokládat nebo stanovit v jakékoliv obecně platné legislativě nebo v českých technických normách, a že tato dokumentace bude připravena a poskytnuta bez jakéhokoliv vlivu na dohodnutou cenu.
2. Všechny zprávy a protokoly musí být jasně strukturovány a připraveny dostatečně podrobně, aby každý odborník v této konkrétní oblasti byl schopen posoudit správnost opatření, která Dodavatel přijal při provádění příslušné části díla. Během předávacího řízení není Zadavatel povinen ověřovat správnost jakýchkoliv výsledků, zpráv, výstupů, certifikátů, protokolů atd., nebo podrobností týkajících se technických řešení.
3. Schválení jakékoliv zde uvedené dokumentace nebo informace nebo její části Zadavatelem nezabavuje Dodavatele jeho plné odpovědnosti za správnost, úplnost a úplné zdokumentování jakékoliv informace.
4. Jakákoliv předložená zde uvedená dokumentace nebo její část může být změněna nebo upravena výhradně písemnou formou podepsanou oprávněnými zástupci smluvních stran. Dodavatel v návrhu takové změny nebo nové verze dokumentace jasně uvede všechny provedené změny (pokud je to možné pomocí funkce mapování změn nebo zvýrazněním všech upravených informací, např. na titulní straně, ve výkresu nebo jeho razítku atd., spolu s podrobným popisem všech těchto změn), aby bylo možné porovnat je s původní dokumentací. Jakékoliv schválení nebo odmítnutí navrhované změny Zadavatelem se provede stejným postupem, který byl použit pro schvalování původního návrhu daného typu dokumentace.
5. Dodavatel je povinen poskytnout kromě níže uvedených dokumentací další předpokládanou dokumentaci, mimo jiné:
  - a. **Dokument „Prohlášení o shodě“ v anglickém jazyce**, který bude pro dané zařízení (tj. Setrvačnickový rázový generátor) splňovat všechny patřičné legislativní a technické předpisy.
  - b. Kalibrační protokoly pro příslušné části systému.
  - c. Všechny úvodní revizní zprávy (inspekční záznamy), nezbytná povolení, certifikáty, akreditační protokoly.
  - d. Kopie všech záručních certifikátů.
6. Další požadavky na dokumentaci a zálohování SW jsou uvedeny v části 5.5 - Požadavky na řídicí systém.

Specificky požadované jsou následující kategorie dokumentace:

### 5.8.1 Projektová dokumentace

Zahrnuje projektovou dokumentaci včetně dokumentace návrhu projektu.

1. **Předložení Projektové dokumentace ke kontrole a posouzení:** Dodavatel předloží Projektovou dokumentaci Zadavateli ke kontrole a posouzení nejpozději 2 kalendářní týdny před dovršením 4. měsíce od nabytí účinnosti Kupní smlouvy. Projektovou dokumentaci Dodavatel předkládá ve dvou (2) kopiích elektronicky (CD/DVD, flash disk) ve vhodných formátech (dwg, dxf, pdf, doc, xls, txt, apod.).
2. **Projektová dokumentace bude Zadavatelem kontrolována a bude jí přiděleno hodnocení.** Zadavatel je povinen do 2 kalendářních týdnů od obdržení Projektové dokumentace ke kontrole a posouzení informovat Dodavatele, zda Projektová dokumentace spadá (tj. obdržela hodnocení Zadavatele) do jedné ze tří následujících kategorií:
  - a. „A“: K Projektové dokumentaci nejsou žádné komentáře ani výhrady a je způsobilá k realizaci.
  - b. „B“: Projektová dokumentace postrádá určité náležitosti, ale celkově, s určitými výhradami nebo omezeními, je způsobilá k realizaci, nicméně jsou nezbytné úpravy.
  - c. „C“: Projektová dokumentace bude vrácena Dodavateli k přepracování, takovou dokumentaci nesmí Dodavatel použít k realizaci díla v žádném rozsahu.

Projektová dokumentace, která prošla kontrolou Zadavatele a obdržela verdikt “A” je jediná dokumentace, kterou lze považovat za **odsouhlasenou** Zadavatelem a která smí být použita pro realizaci dodávaného systému.

V případě, že Projektová dokumentace obdržela verdikt “B” nebo “C”, je Dodavatel povinen ji do 10 pracovních dnů přepracovat a znovu ji předložit Zadavateli ke kontrole a posouzení. Tento proces se opakuje, dokud Zadavatel nepřidělí předložené Projektové dokumentaci verdikt “A” za předpokladu, že Zadavatel neuplatní své právo na odstoupení od Kupní smlouvy.

3. **Milník schválení Projektové dokumentace**, tj. její odsouhlasení Zadavatelem (musí být získáno hodnocení “A”), **je stanoven na 4 měsíce** od nabytí účinnosti Kupní smlouvy.
4. **Zadavatel může** při posuzování Projektové dokumentace **některá technická či elektrotechnická řešení přímo zakázat** a požadovat úpravy nebo alternativní technická či elektrotechnická řešení v rámci kontrolního procesu Projektové dokumentace Zadavatelem. Dodavatel musí požadavkům Zadavatele vyhovět.
5. Dodavatel dodržuje požadavky a podmínky definované v Technické specifikaci a Kupní smlouvě. Dodavatel je oprávněn odchýlit se od Technické specifikace pouze s předchozím písemným souhlasem Zadavatele.
6. **Součástí Projektové dokumentace je Plán kvality.** Jedná se o plán zajištění kvality, který definuje, jaká opatření budou přijata a jaké zdroje budou použity k realizaci projektu v požadované kvalitě. Obsahuje plán a podrobný popis všech kontrol a testů nezbytných pro úspěšnou realizaci projektu.
7. **Plán kvality obsahuje seznam a podrobný popis** kompletních plánovaných **zkoušek FAT** (Factory Acceptance Test) **a SAT** (Site Acceptance Test) s přesným uvedením požadovaných a prahových hodnot, kterých má být při testech dosaženo. Plán kvality bude podle potřeby aktualizován před provedením přejímacích zkoušek FAT a SAT, každá aktualizace Plánu kvality musí být nejprve schválena Zadavatelem.
8. Zadavatel má právo požadovat od Dodavatele spolupráci, tj. požadovat poskytování nezbytných informací a technické dokumentace pro přípravu současně probíhajících projektů

nebo veřejných soutěží souvisejících s projektem COMPASS-U.

### 5.8.2 Dokumentace skutečného provedení

Zahrnuje konečnou dokumentaci skutečně vyrobeného zařízení, včetně dokumentace všech provedených přijímacích zkoušek a průvodní dokumentace vyplývající z příslušných technických a bezpečnostních předpisů a nařízení.

1. Dodavatel předloží Dokumentaci skutečného provedení Zadavateli ke schválení nejpozději třicet (30) dnů před plánovaným podpisem Konečného předávacího protokolu a to ve dvou (2) kopiích elektronicky (CD/DVD, flash disk) ve vhodných formátech (dwg, dxf, pdf, doc, xls, txt, apod.). Dokumentace skutečného provedení musí jasně specifikovat všechny schválené a provedené modifikace systému (tj. Setrvačnickového rázového generátoru) v průběhu jeho realizace od okamžiku obdržení hodnocení „A“ pro Projektovou dokumentaci. Dokumentace skutečného provedení musí představovat skutečný stav systému ke dni převzetí systému, tj. podpisu Konečného předávacího protokolu oprávněnými zástupci obou smluvních stran. Dodavatel je povinen řešit případné připomínky Zadavatele k Dokumentaci skutečného provedení a předané připomínky odstranit. **Dodávaný systém nelze převzít bez toho, aniž by Zadavatel obdržel odsouhlasenou Dokumentaci skutečného provedení.**
2. Dokumentace skutečného provedení musí jasně specifikovat a vymezovat všechny schválené a provedené modifikace (jasným vymezením se rozumí zvýraznění a popis všech provedených modifikací v dokumentaci – např. na titulní straně zprávy, v razítkách výkresů atd. - a zároveň uvnitř každého jednotlivého dokumentu, s uvedením rozdílu oproti schválené Projektové dokumentaci).
3. Dodavatel je povinen aktualizovat Dokumentaci skutečného provedení ke dni převzetí systému, tj. podpisu Konečného předávacího protokolu.

### 5.8.3 Průvodní dokumentace

Zahrnuje provozní dokumentaci a dokumentaci k údržbě, seznam dílů, návod k instalaci a uvedení do provozu.

1. Průvodní dokumentace musí podrobně popsat především všechny pokyny k obsluze a údržbě systému a jeho technického vybavení včetně plánů údržby. Průvodní dokumentace musí být připravena na takové úrovni, aby zaměstnanci Zadavatele byli schopni samostatně provozovat systém v celém rozsahu a samostatně provádět jeho správu a údržbu.
2. Dodavatel předloží Průvodní dokumentaci Zadavateli ke schválení nejpozději šedesát (60) dnů před plánovaným podpisem Konečného předávacího protokolu a to ve dvou (2) kopiích elektronicky (CD/DVD, flash disk) ve vhodných formátech (dwg, dxf, pdf, doc, xls, txt, apod.). Dodavatel je povinen řešit případné připomínky Zadavatele k Průvodní dokumentaci a předané připomínky odstranit. **Dodávaný systém nelze převzít bez toho, aniž by Zadavatel obdržel odsouhlasenou Průvodní dokumentaci.**
3. V rámci Průvodní dokumentace týkající se údržby musí Dodavatel při přípravě Projektové dokumentace definovat seznam součástí vyžadujících pravidelnou údržbu a časové intervaly této údržby (tj. časový plán údržby) včetně finanční náročnosti na tuto údržbu. Dodavatel rovněž stanoví doporučený sortiment a objem všech náhradních dílů, které mohou být nezbytné pro provoz systému.
4. Průvodní dokumentace musí také obsahovat provozní dokumentaci (tj. především návrh provozních pravidel a předpisů pro všechny technologie, bezpečnostní příručky včetně analýzy rizik, kalibrační protokoly, servisní pokyny, provozní příručky, příručky pro opravy a údržbu systému apod.).



5. Dodavatel je povinen předložit Zadavateli společně s Průvodní dokumentací veškeré klíče a další nástroje či příslušenství, které jsou nezbytné k provozování systému, zejména jeho technologických částí.

Tabulka 5.8.1: Požadavky na dokumentaci, zdrojový kód a duševní vlastnictví

Číslo	Název a popis požadavku	Hodnota / popis
<b>Dokumentace</b>		
1	<b>Projektová dokumentace</b>	<p>Poskytuje podrobnou projektovou dokumentaci a specifikaci navrhovaného technického řešení navrhovaného zařízení, včetně:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ technické výkresy</li> <li>▪ schémata a diagramy propojení</li> <li>▪ parametry jednotlivých dílů</li> <li>▪ schéma chlazení</li> <li>▪ analýza možného rezonančního chování kritických částí systému (např. paralelní provoz dvojice setrvačnickových generátorů do společné zátěže přes impedanci transformátorů a tyristorových měničů, mechanická modální analýza setrvačnickového generátoru, včetně torzních frekvencí hřídelového vedení, ...)</li> <li>▪ analýza hlavních failure modes</li> <li>▪ bezpečnostní požadavky včetně kontroly a regulace instalovaných systémů</li> <li>▪ základní úvahy (analýza) o životnosti jednotlivých částí systému</li> <li>▪ základní pokyny pro provoz (mezi pulzy tokamaku, při denním spouštění a zastavování) a údržbu (např. servis chladicího systému, čištění filtrů, ...)</li> </ul> <p>Plán kvality je součástí Projektové dokumentace a bude dodán společně.</p> <p>Projektová dokumentace musí obsahovat podrobnosti, které prokazují, že tato tabulka technických požadavků (viz. 5 - Tabulka technických požadavků) je splněna.</p>
2	<b>Dokumentace skutečného provedení</b>	<p>Podrobný popis konečného, skutečného stavu vyrobeného zařízení v okamžiku podpisu všech protokolů o přijímacích zkouškách SAT</p>

		<p>systému.</p> <p>Obsahuje technické výkresy, schémata a diagramy zapojení, technické listy použitých komponent, popisy technických realizací a parametrů jednotlivých dílů, vstupní a výstupní revizní dokumentaci komponent, prohlášení o shodě atd.</p> <p>Zahrnuje dokumentaci všech provedených přejímacích zkoušek podle oddílu 5.7 - Požadavky na přejímací zkoušky, jakož i závěrečné atesty a certifikáty.</p> <p>Zahrnuje výrobní dokumentaci v rozsahu dostatečném pro účely servisu, údržby a výroby případných náhradních dílů, včetně např. mechanických výkresů jak pro setrvačnickový generátor, tak pro jeho pomocné systémy.</p>
3	<b>Průvodní dokumentace</b>	<p>Podrobný popis (manuál) provozu, obsluhy a údržby zařízení a jeho příslušenství, včetně návodů k obsluze, pokynů a požadavků na pravidelné kontroly a údržbu, plánů údržby jednotlivých částí systému, dokumentace základních nastavení systému (SW a HW).</p> <p>Obsahuje seznam dílů, doporučený sortiment a množství náhradních dílů.</p> <p>Zahrnuje migrační plán pro řídicí systém a speciální elektroniku - plán, jak nahradit elektroniku / přejít na jinou elektroniku po skončení její životnosti.</p> <p>Obsahuje návod k instalaci a uvedení do provozu (SW a HW).</p>
<b>Software</b>		
	Tyto požadavky se týkají softwaru v počítačích, FPGA, mikrokontrolérech, mikroprocesorech a dalších programovatelných zařízeních.	
4	<b>Dlouhodobá podpora SW</b>	<p>Vývojové nástroje pro software systému musí být Dodavatelem zálohovány, aby byla zachována možnost aktualizace softwaru a návrhu FPGA 10 let po dodání systému.</p>

5	Typ <b>postupu kompilace SW a záložní řešení pro kompilační zařízení</b> (např. PC)	Pokud to bude možné, bude software napájecího systému <b>zkompileován na virtuálních strojích</b> zálohovaných Dodavatelem, aby byla zachována možnost kompilace softwaru i mnoho let po dodání.  Případně budou zálohovány <b>bitové kopie skutečných počítačů</b> s nainstalovaným softwarem spolu s podrobným popisem počítače.
6	<b>Zálohování SW</b>	Klient obdrží binární soubory, návod k nasazení a popis HW, pro který jsou binární soubory určeny.
7	Dokumentace <b>komunikačních protokolů</b> a popis signálů	Zadavatel obdrží popis všech komunikačních rozhraní, používaných protokolů a signálů používaných pro komunikaci se systémem a v jeho rámci.
8	Přístup ke <b>zdrojovému kódu SW</b>	Veškeré zdrojové kódy vyvinuté specificky pro realizaci této dodávky (ať už dodavatelem, nebo třetí stranou) budou poskytnuté Zadavateli a budou poskytnuty v elektronické podobě.  Zdrojový kód bude poskytnut v programovacím jazyce, který programátor použil pro psaní kódu.  Dodavatel rovněž poskytne pokyny pro kompilaci, programy použité pro kompilaci, popis verze použitých kompilačních programů, seznam závislostí a návod k nasazení. Ekvivalentní informace budou poskytnuty pro FPGA (nastavení procesu návrhu, syntézy a implementace) a další programovatelná zařízení.
9	Dodavatel <b>dodá kompletní zdrojový kód a kompletní SW</b> systému jako celek, včetně seznamu závislostí a příručky pro kompilaci (pokud je použit kompilovaný jazyk) a příručky pro nasazení, <b>a to v těchto třech stanovených termínech:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Při zahájení zkoušek SAT.</li> <li>2. Mezi úspěšným absolvováním všech zkoušek SAT a podpisem Konečného předávacího protokolu.</li> </ol>	Ano

	3. Při skončení záruční doby.	
--	-------------------------------	--

## 6 Integrace dodávané technologie do Systému napájení tokamaku, především paralelizace dvojice generátorů

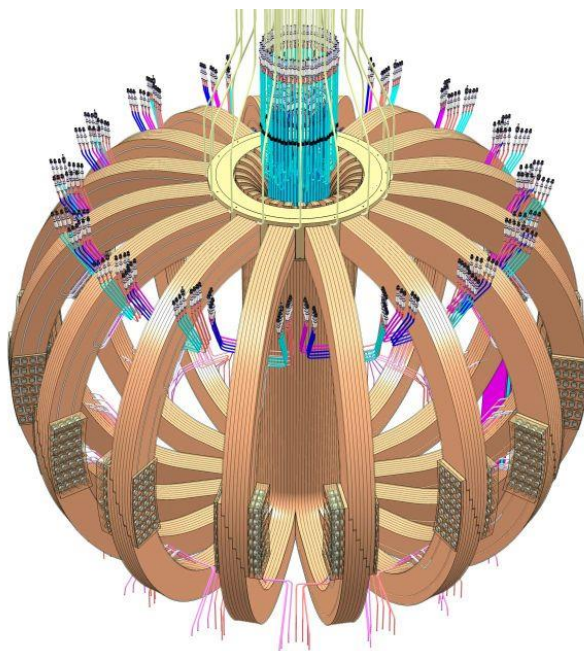
Tato kapitola obsahuje informace k zapojení dodávaného Setrvačnickového rázového generátoru do stávajícího Systému napájení tokamaku. Tedy podklady k paralelizaci se stávajícím Setrvačnickovým rázovým generátorem GG3, popis zátěže a podklady k zapojení do řídicího systému Systému napájení tokamaku.

### 6.1 Cívky toroidálního pole

Stávající generátor GG3 (již existující v majetku ÚFP) je společně s dodávaným setrvačnickovým rázovým generátorem GG4 určen především k napájení tzv. cívek toroidálního pole (TF cívek) tokamaku COMPASS-U, ale i k napájení systémů dodatečného ohřevu plazmatu (viz následující kapitola).

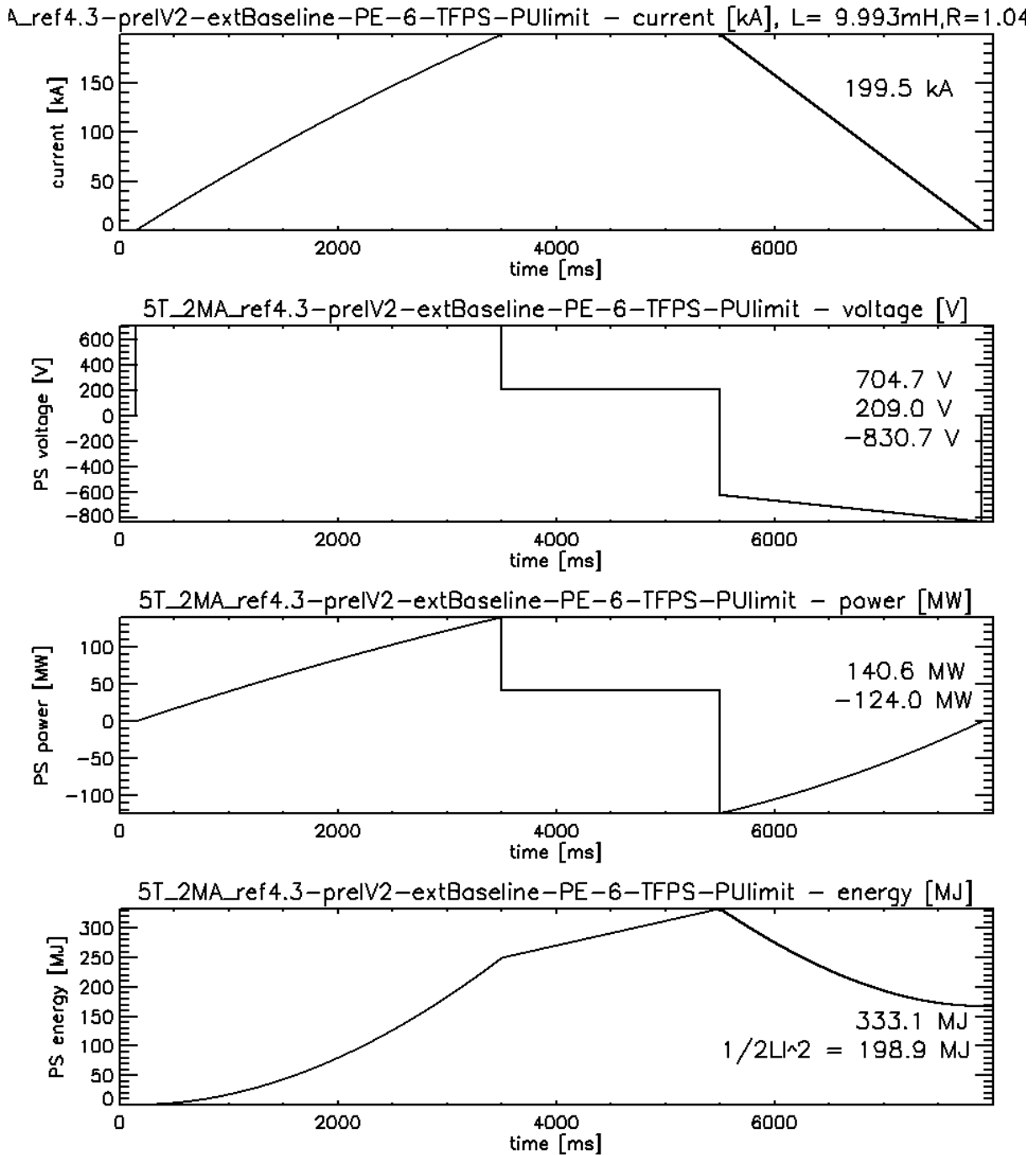
Potřebná energie dodávaná cívkám TF k dosažení magnetického pole 5 T po dobu 2 sekund je nejméně 333 MJ. Proto musí energii pro cívky TF dodávat dva generátory provozované dohromady.

Obrázek 6.1.1 zobrazuje 16 cívek TF, každou se 7 závitů. Cívky jsou zapojeny do série a **zdroj TFPS (Toroidal Field Power Supply) dodává 199,5 kA** tak, aby bylo dosaženo magnetického pole 5 tesla ve středu vakuové nádoby (hlavní poloměr  $R = 0,894$  m).



Obrázek 6.1.1: Cívky toroidálního pole tokamaku COMPASS-U. Na obrázku je zobrazeno 16 cívek TF, každá se 7 závitů. Výška TF cívek je 2,6 m a průměr v horizontální rovině 3.6 m. Vlastní indukčnost finálního designu je 9,38 mH a odpor cca 3,7 mΩ na pokojové teplotě a cca 0,6 mΩ (bez přívodů cívek) po zchlazení na teplotu tekutého dusíku.

Parametry napájení TF cívek jsou uvedeny v „Obrázek 6.1.2“, který ukazuje časový vývoj proudu, napětí, výkonu a spotřebované energie.



Obrázek 6.1.2: Idealizovaná simulace potřebného výkonu a energie pro dosažení 5 T v cívkách TF. Energie uložená v magnetickém poli je 198,9 MJ, ohmické ztráty do  $t = 5500$  ms jsou 134,2 MJ. Celková maximální energie v magnetickém poli, v ohmických ztrátách cívek TF a přívodních kabelů (bez ztrát v měničích, transformátorech a generátorech) je 333,1 MJ. Simulace předpokládá rekuperaci energie uložené v magnetickém poli zpět do generátorů během poklesu proudu. Pro tuto simulaci není dostupný výkon zdroje omezen a jeho stejnosměrné napětí je 704,7 V.

Obrázek 6.1.2 je třeba chápat jako idealizovanou simulaci řešení napájení cívek TF:

- napětí zdroje se během nárůstu proudu TF cívek nesnižuje,
- výkon použitý při rekuperaci energie z cívek TF do setrvačnickových generátorů je vyšší než minimální přijatelný.

## 6.2 Systémy dodatečného ohřevu plazmatu

Pro tokamak COMPASS-U Ústav fyziky plazmatu plánuje následující (pomocné) systémy dodatečného ohřevu plazmatu:

1. 2 x 0,5 MW ohřev pomocí systémů vstřiku neutrálních částic (NBI – Neutral Beam Injection) s využitím stávajících injektorů NBI
2. 4 x 1 MW ohřev pomocí nově pořizovaných systémů vstřiku neutrálních částic NBI
3. (1-4) MW ohřev pomocí elektronového cyklotronového rezonančního ohřevu (ECRH – Electron Cyclotron Resonance Heating)

(Pozn.: Tento soupis je platný v době přípravy tohoto dokumentu. Jedná se o kombinaci běžících a v blízké budoucnosti plánovaných projektů na rozvoj tokamaku COMPASS-U. Ve vzdálenější budoucnosti se mohou čísla změnit – to však není pro tento dokument relevantní.)

Celkový výkon dodávaný do plazmatu těmito systémy dodatečného ohřevu plazmatu bude 6-9 MW. Elektrická účinnost systémů ohřevu je typicky 30-40 %. V rámci Systému napájení tokamaku byl proto zvolen příkon vyhrazený pro přídatný ohřev ve výši nejméně 25 MW. Doba trvání ohřevu při maximálních parametrech se předpokládá až 2 sekundy, proto je spotřeba energie 50 MJ. Z těchto hodnot je pro 10 MW a 20 MJ určen stávající generátor GG3 a pro 10 MW a 20 MJ určen dodávaný generátor GG4.

Vzhledem ke snaze zajistit modernizovatelnost tokamaku COMPASS-U v následujících desetiletích **je třeba považovat hodnoty 10 MW a 20 MJ rezervovaného výkonu a energie poskytovaných dodávaným generátorem GG4 systémům dodatečného ohřevu plazmatu za minimální.** Systém napájení tokamaku, včetně dodávaného generátoru GG4, by měl být navržen s možností modernizace **pro případ přibližně dvojnásobných výkonových a energetických požadavků** systémů dodatečného ohřevu plazmatu.

Zatímco cívky toroidálního pole jsou napájeny paralelně z obou generátorů GG3 a GG4, systémy dodatečných ohřevů plazmatu jsou ke generátorům elektricky připojeny po jednotlivých jednotkách, zvlášť. Systémy dodatečných ohřevů plazmatu mají vnitřní ochrany, které mohou ohřevový výkon dodávaný do plazmatu zastavit v časovém rozsahu jednotek mikrosekund. Z hlediska dodávaného generátoru GG4 to znamená, že **minimální rezervovaný výkon 10 MW** určený pro systémy dodatečného ohřevu plazmatu **může být skokově vypnut. Tento fakt musí být Dodavatelem brán v úvahu při paralelizaci generátorů GG3 a GG4.**

## 6.3 Pokles efektivního napětí GG3 při nižších otáčkách a vysokém zdánlivém výkonu

**Zadavatel Dodavatele explicitně upozorňuje, že stávající generátor GG3 neudrží nominální výkon 108 MVA a nominální efektivní napětí 10.4 kV v celém rozsahu otáček 1700 ot./min. – 1200 ot./min.** Důvodem je omezení přípustného buzení magnetickým nasycením soustrojí.

Orientační číslo: v závislosti na velikosti bezpečnostních rezerv v buzení generátoru GG3 může v rozsahu otáček 1200 ot./min. – 1400 ot./min. docházet k poklesu efektivního napětí a zdánlivého výkonu o méně než 10 % (tato hodnota je platná pro limitaci budicího proudu generátoru na 2 kA).

**Elektrická charakteristika generátoru GG3 je popsána v modelu v příloze “ Příloha Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku ”.**

## 6.4 Schéma zapojení generátorů GG3 a GG4 do společné zátěže

Stávající generátor GG3 a dodávaný generátor GG4 jsou v rámci Systému napájení tokamaku provozovány do společné zátěže TF cívek a do nezávislých zátěží systémů dodatečného ohřevu

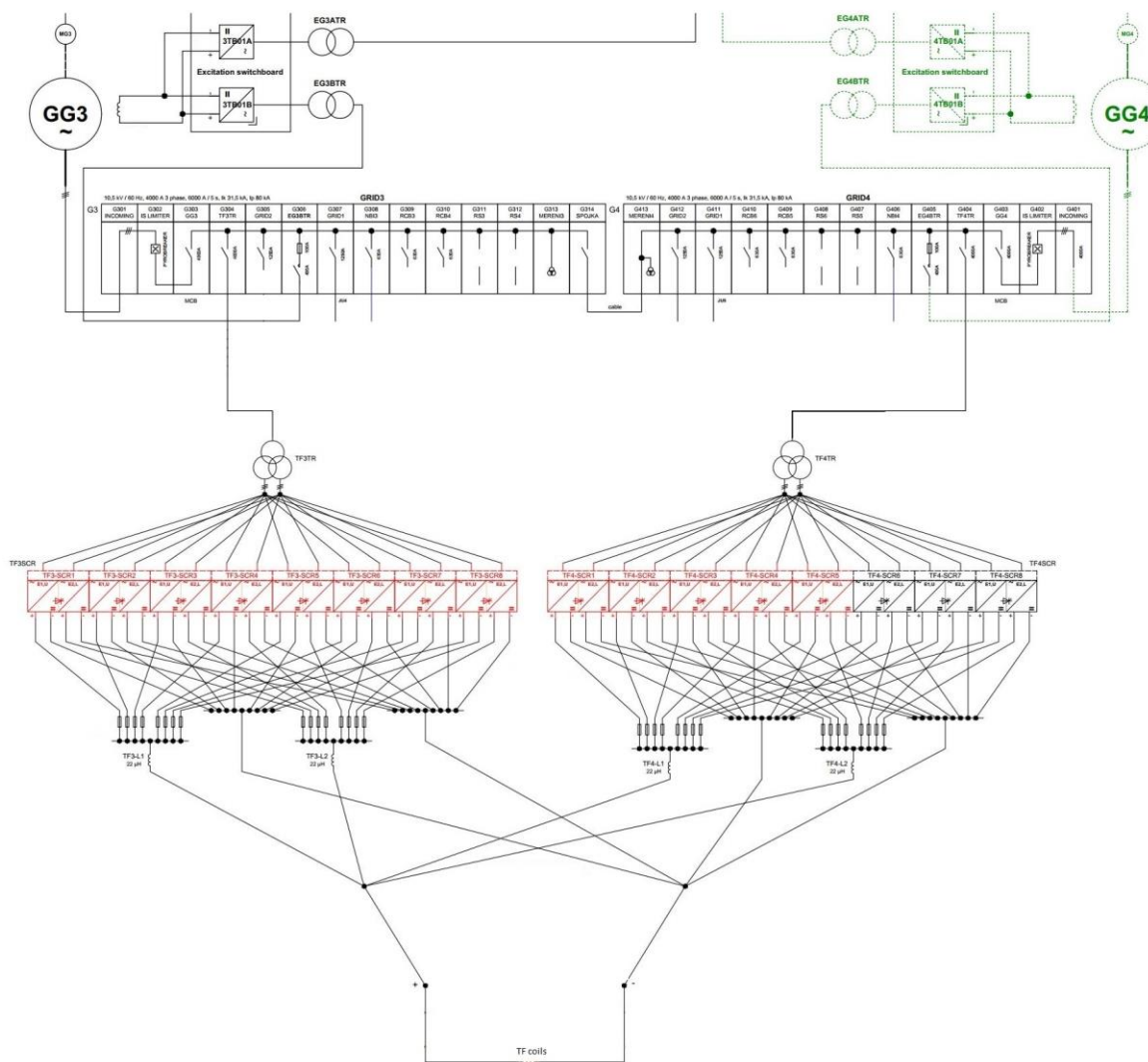
plazmatu. Schéma zapojení popisuje Obrázek 6.4.1:

1. **Generátor GG3 a GG4 mají každý svojí vlastní nezávislou VN síť** (označeny jako GRID3 a GRID4). V běžném provozu s oběma generátory jsou obě sítě elektricky rozpojené, přestože je možné VN sítě spojit, například v případě, kdy je provozován pouze jeden z generátorů k napájení zátěží obou sítí.
2. **Oba generátory GG3 a GG4 napájí své vlastní, elektricky oddělené, zátěže** - systémy dodatečného ohřevu plazmatu (pro každý z generátorů se jedná o **až 10 MW zátěž, která může být skokově vypnuta**, detaily viz kapitola 6.2 - Systémy dodatečného ohřevu plazmatu). Tyto zátěže jsou připojené přes VN vypínače, např. NBI3, NBI4, RCB6, ...
3. **Realizace propojení generátorů GG3 a GG4 do paralelně napájené zátěže TF cívek:**
  - a. Generátor GG3 napájí třívinuťový trojfázový transformátor TF3TR a generátor GG4 napájí transformátor TF4TR.
  - b. Transformátory TF3TR a TF4TR každý napájí tyristorový dvanáctipulzní měnič TF3SCR a TF4SCR (které dohromady tvoří napájecí zdroj toroidálního pole TFPS – Toroidal Field Power Supply). Každý z dvanáctipulzních tyristorových měničů je umístěn v osmi skříních a obsahuje 16 šestipulzních tyristorových měničů.
  - c. Jednotlivé šestipulzní měniče jsou paralelizovány pomocí tlumivek TF3-L1, TF3-L2, TF4-L1 a TF4-L2 a vývody jsou následně propojeny na vstupu samotných TF cívek v tokamaku COMPASS.U.

**Elektrické parametry** (odpory, indukčnosti, impedance, charakteristiky transformátorů a generátoru GG3) jsou popsány v modelu v příloze „Příloha Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku“. Očekávané proudy, výkony a energie tekoucí TF cívkami jsou popsány v kapitole „6.1 - Cívky toroidálního pole“. Chování systémů dodatečného ohřevu plazmatu je popsáno v kapitole „6.2 - Systémy dodatečného ohřevu plazmatu“. **Elektrická charakteristika stávajícího generátoru GG3, především pokles výstupního napětí z nominálních 10,4 kV při nižších otáčkách a vyšší výkonové zátěži, je popsána v příloze „Příloha Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku“ a v kapitole „6.3 - Pokles efektivního napětí GG3“.**

Nejedná se o paralelní provoz dvou generátorů ve společné VN síti, ale jedná se o paralelní provoz do společné zátěže, přes impedanci transformátorů a tyristorových měničů.





Obrázek 6.4.1: Schéma zapojení generátorů GG3 a GG4 do společné zátěže TF cívek a k systémům dodatečného ohřevu plazmatu

## 6.5 Komunikace s řídicím systémem Systému napájení tokamaku

S nadřazeným řídicím systémem Systému napájení tokamaku budou jednotlivé technologie dodávaného systému (tj. Setrvačnickového rázového generátoru) obousměrně komunikovat přes síť Ethernet pomocí protokolu EtherCAT Automation Protocol (EAP). Do řídicího systému Systému napájení tokamaku budou přenášeny hodnoty hlavních stavových a měřených veličin (např. připravenost a stav rozběhového měniče, teploty a případně tlaky jednotlivých médií, stav UPS, apod.). Řídicí systém Systému napájení tokamaku bude stejným protokolem předávat do řídicího systému Setrvačnickového rázového generátoru požadavky na jeho rozběh, cílové otáčky, případně brzdění a přechod z a do klidového stavu technologie systému.

Součástí technologie dodávaného systému jsou měniče buzení, které napájí proudem budící vinutí generátoru. Řízení těchto měničů buzení bude s nadřazeným řídicím systémem Systému napájení tokamaku komunikovat pomocí sběrnice EtherCAT, kdy na straně měničů buzení bude realizováno rozhraní EtherCAT Slave. Struktura řízení měničů buzení bude obsahovat regulátor napětí generátoru a podřízený regulátor budícího proudu. V případě, že měniče buzení budou na bázi fázově řízených tyristorů, bude výstupem regulátoru proudu požadovaný úhel řízení tyristorů. V takovém případě bude součástí interní regulační struktury i blok synchronizace se vstupním napětím měniče. Z řídicího systému Systému napájení tokamaku bude možné variantně ovládat měniče buzení pomocí žádané hodnoty výstupního napětí generátoru, nebo s možností vypuštění regulátoru napětí žádanou

hodnotou budicího proudu, případně přímo řídicím úhlem tyristorů (pokud budou měniče na bázi tyristorů). Tyto žádané hodnoty budou z řídicího systému Systému napájení tokamaku do řízení měničů buzení přenášeny po sběrnici EtherCAT pomocí PDO (Process Data Objects). Zpět budou pomocí PDO do řídicího systému Systému napájení tokamaku přenášeny tyto hodnoty:

1. Hodnota proudu budicím vinutím generátoru,
2. Otáčky generátoru,
3. Amplituda fázoru první harmonické složky výstupního napětí generátoru,
4. Fáze fázoru první harmonické složky výstupního napětí generátoru,
5. Čas DC (EtherCAT Distributed Clock), pro který jsou změněné přenášené hodnoty platné,
6. Stav měniče (připravenost k funkci).

PDO data budou po sběrnici EtherCAT cyklicky obousměrně přenášena s periodou 1 ms.

Dále jsou požadovány následující funkcionality:

1. Hodnoty parametrů regulátorů měničů buzení přístupné přes sběrnici EtherCAT prostřednictvím SDO (Service Data Objects),
2. Post-mortem záznam měničů buzení a přenos tohoto záznamu přes protokol FoE (Filetransfer over EtherCAT),
3. Aktualizace firmwaru regulátorů měničů buzení pomocí FoE.

## **7 Seznam příloh**

### **7.1 Příloha Technické specifikace č. 1-Model části Systému napájení tokamaku**

### **7.2 Příloha Technické specifikace č. 2-Instalační prostor**