

STUDY ON DOUBLY-FED ASYNCHRONOUS MACHINE IN REGIME OF GENERATOR

LIVINTI PETRU¹,

¹ "Vasile Alecsandri" University of Bacău, Calea Mărășești 156, Bacău, 600115, Romania

Abstract: Asynchronous machines with doubly-fed is used mostly as generators in the construction of wind farms. Doubly-fed induction generator can operate on a wide range of wind speeds and obtain maximum power possible for each of its speed. Since the rotor power throughput is lower, the power converters used for supply of the winding rotor will be equal to 25% of the rated power of the asynchronous generator. For the study of doubly-fed asynchronous machine in regime of generator was made an experimental stand in the Electrical Machines Laboratory of the "Vasile Alecsandri" University of Bacău.

Key words: asynchronous machine, static frequency converter, reactive power

1. INTRODUCTION

Machine asynchrone à double alimentation et rotor bobiné présente le stator triphasé identique aux machines à induction classiques et un rotor qui comportant aussi un enroulement triphasé qui est accessible par les trois bagues avec les contacts coulissantes. Ce type de machine est utilisé comme un générateur dans la plupart des centrales éoliennes, car il présente de grands avantages en fonctionnement. Intégré dans un système éolien, générateur asynchrone avec double alimentation peut fonctionner sur une large gamme de vitesses de vent et peut obtenir la puissance maximale possible pour chacun de sa vitesse, [1], [2]. Son circuit de stator est directement relié au réseau. Un second circuit placé dans le rotor est également raccordé au réseau, mais par l'intermédiaire d'un convertisseur statique de fréquence. Puisque la puissance débite de rotor est plus faible, le coût des convertisseurs statiques de fréquence est faible par rapport à une centrale éolienne à vitesse variable dont le stator est alimenté par les convertisseurs de fréquence. Ceci est la principale raison pour laquelle ce type de générateur est utilisé pour produire une puissance élevée, [3], [4], [5]. Une deuxième raison est la possibilité de contrôle de la tension au niveau du point de connexion du générateur. Pour l'étude de machine asynchrone à double alimentation a été réalisée un stand expérimental dans le laboratoire de Machines électriques au sein de l'Université "Vasile Alecsandri" de Bacău.

2. DESCRIPTION DU STAND EXPERIMENTAL

2.1. Objectifs de recherche

Les objectifs de la recherche dans le domaine des machines asynchrones à double alimentation sont [7]:

- La réduction de coût de production de l'énergie électrique produite avec l'aide des générateurs asynchrones à double alimentation de la structure des centrales éoliennes.
- L'augmentation de la puissance électrique délivrée en réseau par le générateur asynchrone à double alimentation dans une large gamme de vitesses de vent.
- Améliorer la qualité de l'électricité produite par des générateurs asynchrone à double alimentation.
- Contrôle de la puissance active et réactive produite par un générateur asynchrone à double alimentation d'une structure d'une centrale éolienne. Ces objectifs peuvent être réalisés par l'utilisation d'algorithmes de commande pour le contrôle de la tension aux bornes du générateur asynchrones à double alimentation et par le contrôle de l'échange de puissance réactive entre le réseau électrique triphasé et l'enroulement triphasé de rotor du générateur

asynchrone. Pour le contrôle de la puissance réactive on utilise des convertisseurs statiques de fréquence bidirectionnel. La puissance des convertisseurs statiques de fréquence utilisés pour le control de l'échange de puissance réactive sera de 25% de la puissance nominale d'une génératrice asynchrone.

2.2. Stand expérimentale de la machine asynchrone à double alimentation

Schéma électrique du stand expérimental de la machine asynchrone à double alimentation est représenté dans la figure 1.

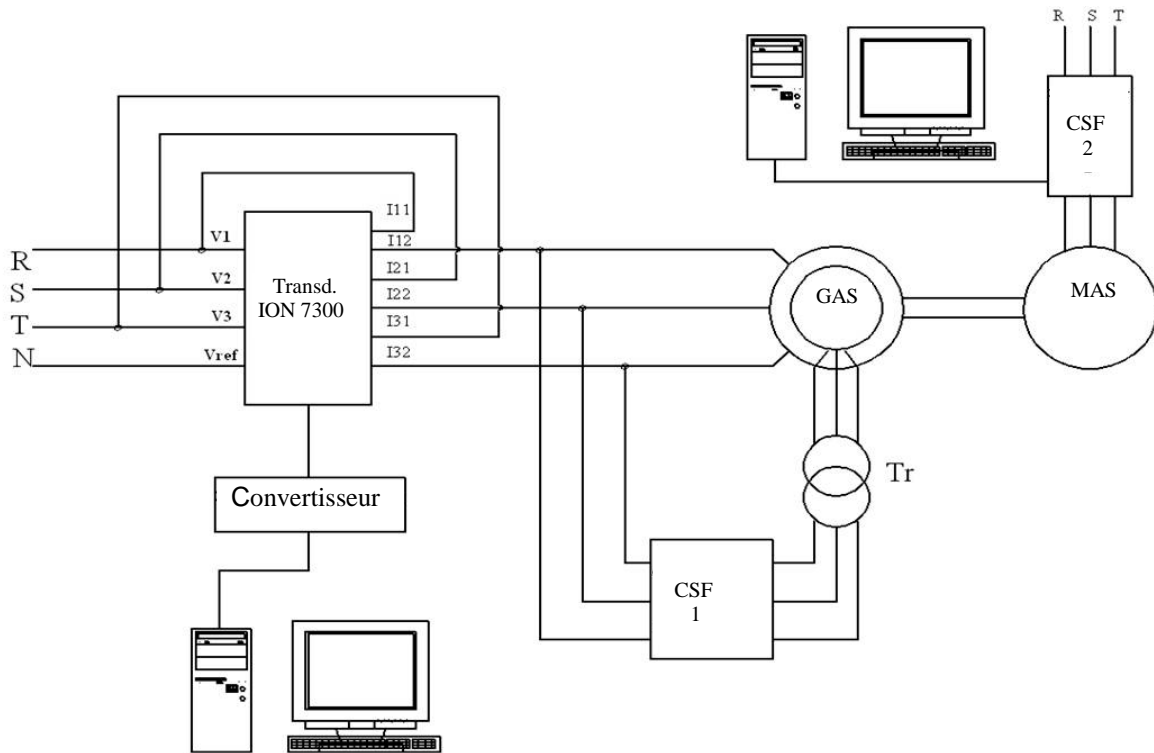


Fig. 1 Schéma électrique du stand expérimental

Une photographie du stand expérimental est présentée dans la figure. 2. Les composants du stand expérimental sont: GAS – Génératrice asynchrone à rotor bobiné; MAS – Moteur asynchrone à cage d'écureuil; CSF1- Convertisseur statique de fréquence 1; CSF2 - Convertisseur statique de fréquence 2; Tr – Transformateur triphasé avec le choix de la valeur de tension secondaire. Cette peut être: 135 V, 48 V, 37 V, 26 V, 14 V, 9 V, 0V. Les équipements utilisés dans la construction du stand expérimental ont des paramètres suivants:

- Génératrice asynchrone GAS: $P_n = 1 \text{ Kw}$; $I_n = 1,5 \text{ A}$; $U_n = 380 \text{ V}$; $n = 1457 \text{ rot/min}$; $\cos \varphi = 0,82$;
- Moteur asynchrone à cage d'écureuil MAS: $P_n = 1,6 \text{ kW}$; $I_n = 3,6 \text{ A}$; $U_n = 380 \text{ V}$; $n = 1420 \text{ rot/min}$; $\cos \varphi = 0,85$.
- Convertisseur statique de fréquence CSF1: $P_n = 1,5 \text{ kW}$; Entrée: $I = 8/4,5 \text{ A}$; $U = 380/500 \text{ V}$; $f = 50\text{-}60 \text{ Hz}$; Sortie: $I = 4,1 \text{ A}$; $U = 380/500 \text{ V}$; $f = 0,1 - 500 \text{ Hz}$; Ce alimente le rotor de 'GAS lorsque nous avons la double alimentation.
- Convertisseur statique de fréquence CSF2: $P_n = 1,5 - 2,2 \text{ kW}$; Entrée: $I = 7 \text{ A}$; $U = 380/480 \text{ V}$; $f = 50\text{-}60 \text{ Hz}$; Sortie: $I = 5.3 \text{ A}$; $U = 380/480 \text{ V}$; $f = 0 - 400 \text{ Hz}$. Ce alimente le moteur asynchrone triphasés.

Convertisseur statique de fréquence est contrôlé avec l'aide d'un ordinateur via une plaque d'acquisition de données. Pour mesurer la puissance réactive [6], est utilisé le transducteur ION 7300, [7]. - Le transducteur ION 7300, produit par la firme allemande Schneider Electric, enregistre les tensions de ligne et de phase, les courants de chaque phase, la puissance active, réactive, apparente absorbées par le générateur, facteur de puissance et la fréquence d'alimentation de son stator. Il est relié à l'ordinateur via le convertisseur RS422 RS232 / RS485. L'ordinateur est équipé avec le logiciel ION Setup V2.2. - L'ordinateur portable utilise a les caractéristiques suivantes: Processor Intel Core (TM) i5-2450 M, 2,5 GHz, 6 GB RAM, système de fonctionnement est on 32 bits



Fig. 2 Stand expérimental realise dans le laboratoire de Machines electriques

Une vue arriere de la transducteur ION 7300 est présenté dans la figure 3.

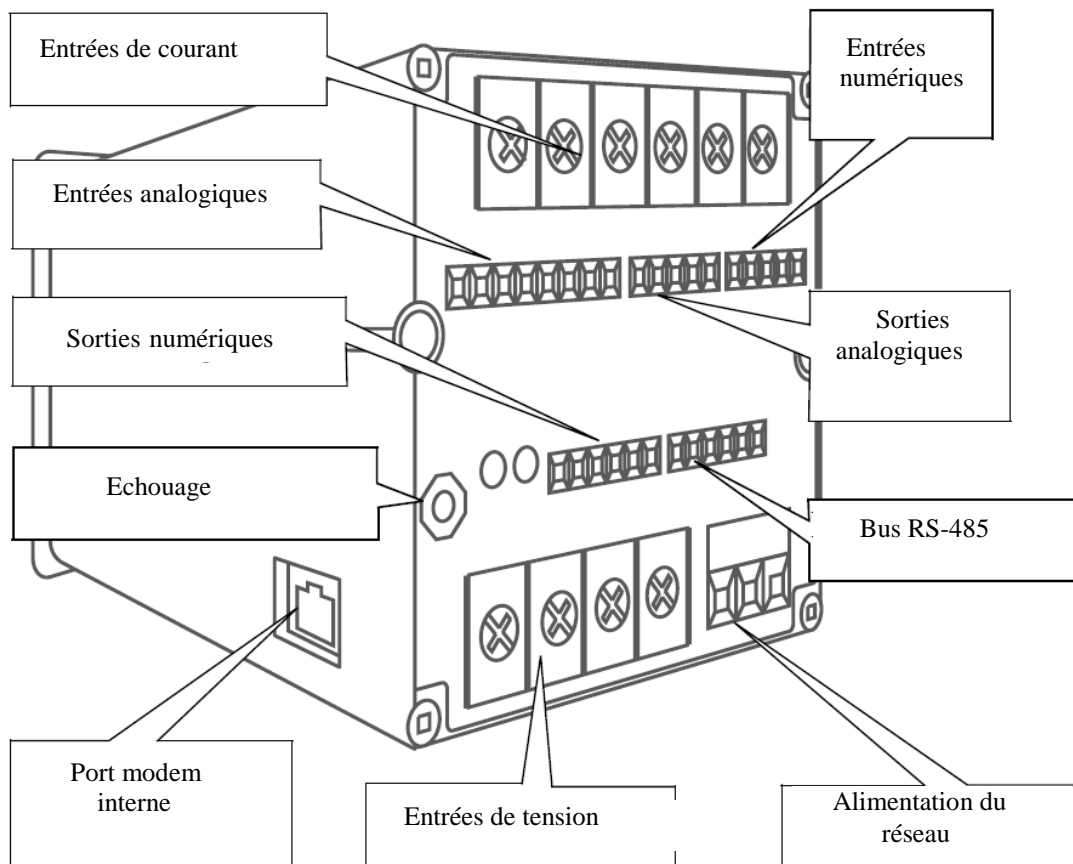


Fig. 3 Transducteur ION 7300 – Une vue arriere, [4]

Pour la connexion entre la reseau triphase et sa charge a été utilisé le schéma suivant présenté dans la Fig. 4. où V_1 , V_2 , V_3 , V_{ref} sont les entrées de tension, I_{11} , I_{21} , I_{31} entrées de courant et I_{12} , I_{22} , I_{32} sorties de courant. [5]. Après l'installation, doit être configuré le logiciel ION Setup V2.2 pour connecter le transducteur.

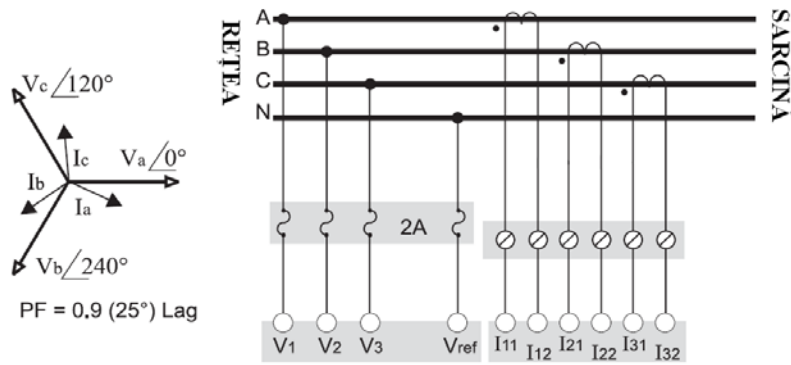


Fig. 4 Schéma électrique de connection du transducteur ION 7300

3. LES DETERMINATIONS EXPERIMENTAUX

Les déterminations expérimentales ont été réalisées dans le laboratoire de Machines électriques au sein de l'Université "Vasile Alecsandri" de Bacau pour trois cas distinctes.

3.1 Fréquence d'alimentation du rotor égale à 26 Hz; Tension d'alimentation du rotor égale à 48 V; Le sens du champ tournant du rotor est contraire avec le sens du champ tournant du stator. Les résultats expérimentaux sont présents dans le tableau 1

Tableau 1

n_{ref} motor [rot/min]	$n_{generator}$ [rot/min]	P [W]	Q [VAR]	$\cos \phi$ [%]	$s_{2,1}$ [%]	$M_{2,1}$ [N.m]
1800	1352	268	1404	18.753 LAG	0.09	1.89
1900	1424	168	1357	11.88 LAG	0.05	1.12
2000	1440	73	1285	5.815 LAG	0.04	0.46
2050	1470	43	1256	3.051 LAG	0.02	0.26
2100	1500	11	1217	0.828 LAG	0	0
2150	1600	-31	1250	2.314 LEAD	-0.06	-0.18
2200	1630	-79	1275	6.357 LEAD	-0.08	-0.46
2250	1638	-99	1317	7.517 LEAD	-0.02	-0.57
2300	1708	-119	1328	8.901 LEAD	-0.13	-0.66
2400	1774	-165	1355	13.121 LEAD	-0.18	-0.88

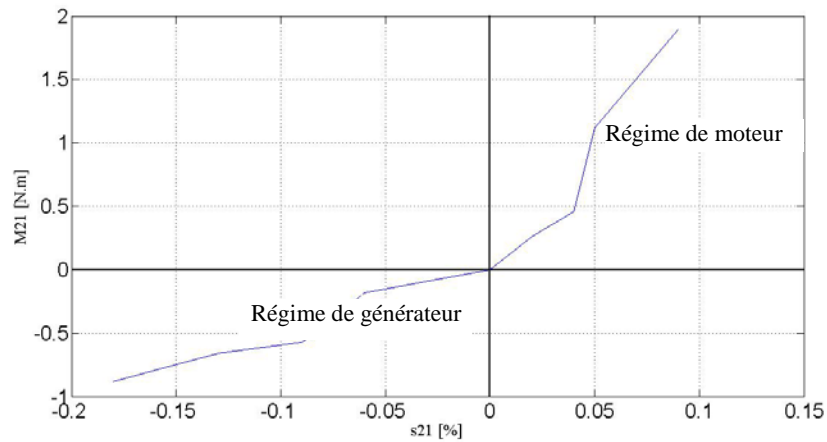


Fig. 5. Caractéristiques couple-glissement M_{21} / s_{21}

3.2 Fréquence d'alimentation du rotor égale à 26 Hz; Tension d'alimentation du rotor égale à 26 V; Le sens du champ tournant du rotor est contraire avec le sens du champ tournant du stator. Les résultats expérimentaux sont présents dans le tableau 2.

Tableau 2

$n_{ref} \text{ motor}$ [rot/min]	$n_{generator}$ [rot/min]	P [W]	Q [VAR]	$\cos \varphi$ [%]	s_{22} [%]	M_{22} [N.m]
1800	136	249	805	29.57 LAG	0.09	1.75
1900	1440	135	788	16.861 LAG	0.04	0.90
2000	1470	52	815	6.365 LAG	0.02	0.33
2050	1500	12	819	1.410 LAG	0	0
2100	1570	-33	806	4.052 LEAD	-0.04	-0.20
2150	1606	-85	819	10.279 LEAD	-0.07	-0.50
2200	1640	-124	820	14.889 LEAD	-0.09	-0.72
2250	1674	-160	833	19.351 LEAD	-0.16	-0.91
2300	1708	-204	842	23.531 LEAD	-0.13	-1.14
2400	1773	-275	881	29.835 LEAD	-0.12	-1.48

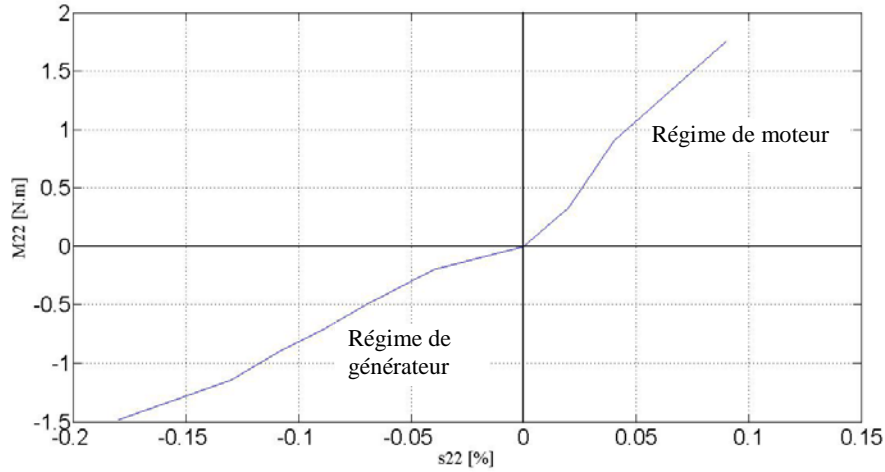


Fig. 6. Caractéristiques couple-glisement M_{22} / s_{22}

3.3. Fréquence d'alimentation du rotor égale à 26 Hz; Tension d'alimentation du rotor égale à 26 V; Le sens du champ tournant du rotor est le même avec le sens du champ tournant du stator. Les résultats expérimentaux sont présents dans le tableau 3.

Tableau 3

$n_{ref} \text{ motor}$ [rot/min]	$n_{generator}$ [rot/min]	P [W]	Q [VAR]	$\cos \varphi$ [%]	s_{23} [%]	M_{23} [N.m]
1800	1351	239	951	25.08 LAG	0.09	1.68
1900	1425	145	925	15.162 LAG	0.05	0.97
2000	1470	71	922	7.637 LAG	0.02	0.45
2050	1500	27	917	2.912 LAG	0	0
2100	1568	-9	912	0.964 LEAD	-0.04	-0.05
2150	1604	-59	912	6.438 LEAD	-0.06	-0.35
2200	1638	-92	919	9.972 LEAD	-0.02	-0.53
2250	1671	-136	924	14.689 LEAD	-0.14	-0.77
2300	1706	-161	929	17.06 LEAD	-0.13	-0.90
2400	1771	-243	956	24.598 LEAD	-0.18	-1.31

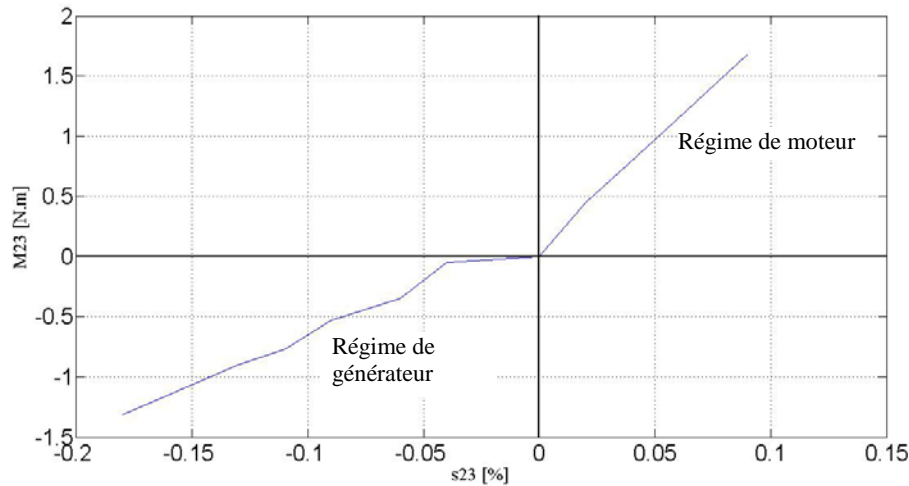


Fig. 7. Caractéristiques couple-glissement M_{23} / s_{23}

Les résultats expérimentaux ont été conformes avec le projet pour la machine asynchrone a doublé alimentation.

4. CONCLUSION

Machine asynchrone peut également fonctionner comme générateur lorsqu'il est entraîné à une vitesse supérieure à la vitesse de synchronisme par un moteur externe ou une turbine éolienne. Double alimentation de la machine asynchrone est fiable, parce que fournir la croissance et aussi le contrôle de la puissance réactive injectée dans le réseau avec un convertisseur statique de fréquence. Pour mesurer la puissance active, réactif et facteur de puissance en temps réel, nous avons utilisé le transducteur ION 7300. Nous avons faites déterminations pour différentes tensions d'alimentation du rotor et a noté que la puissance active et réactive ont été augmenté lorsque nous avons utilisé double alimentation de la machine asynchrone.

RÉFÉRENCES

- [1] MOUSSA SIDDO Abdoulaziz, SOUMANA NOUHOU Ibrahim, *Etude du Générateur Asynchrone pour l'utilisation dans la production de l'énergie éolienne*, Projet de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie 2007
- [2] Aye Myat Thin, Nang Saw Yuzana Kyaing : *Performance Analysis of Doubly Fed Induction Generator Using Vector Control Technique*, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 5, No. 5, October 2015, pp. 929~938, ISSN: 2088-8708
- [3] Pardeep Kumar, Rajesh Choudhary: *Study of Doubly Fed Induction Generator Characteristics*, International Journal of Recent Research Aspects ISSN: 2349-7688, Vol. 2, Issue 3, September 2015, pp. 1-6
- [4] Petru Livinti: *Transformatoare și mașini electrice*, Editura PIM Iași, 2013, 246 pagini, ISBN 978-606-13-1428-7
- [5] Nicolae Galan, Constantin Ghiță, Mihai Cistelecan, *Mașini electrice*, Editura Tehnica Bucuresti, 1981
- [6] Edmond Nicolau, Mariana Beliş, *Măsurări electrice și electronice*, Editura Tehnica Bucuresti, 1972
- [7] Power Measurement, *ION 7300 Installation guide*, 2005