Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2610968 C 2015/02/03

(11)(21) **2 610 968**

(12) **BREVET CANADIEN**
CANADIAN PATENT

(13) **C**

(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2006/06/07
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2006/12/14
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2015/02/03
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2007/12/06
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2006/050532
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2006/131678
(30) **Priorité/Priority:** 2005/06/09 (FR0551550)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** ***G01R 31/319*** (2006.01), ***G01R 31/00*** (2006.01), ***H04B 3/04*** (2006.01), ***H04L 1/24*** (2006.01)

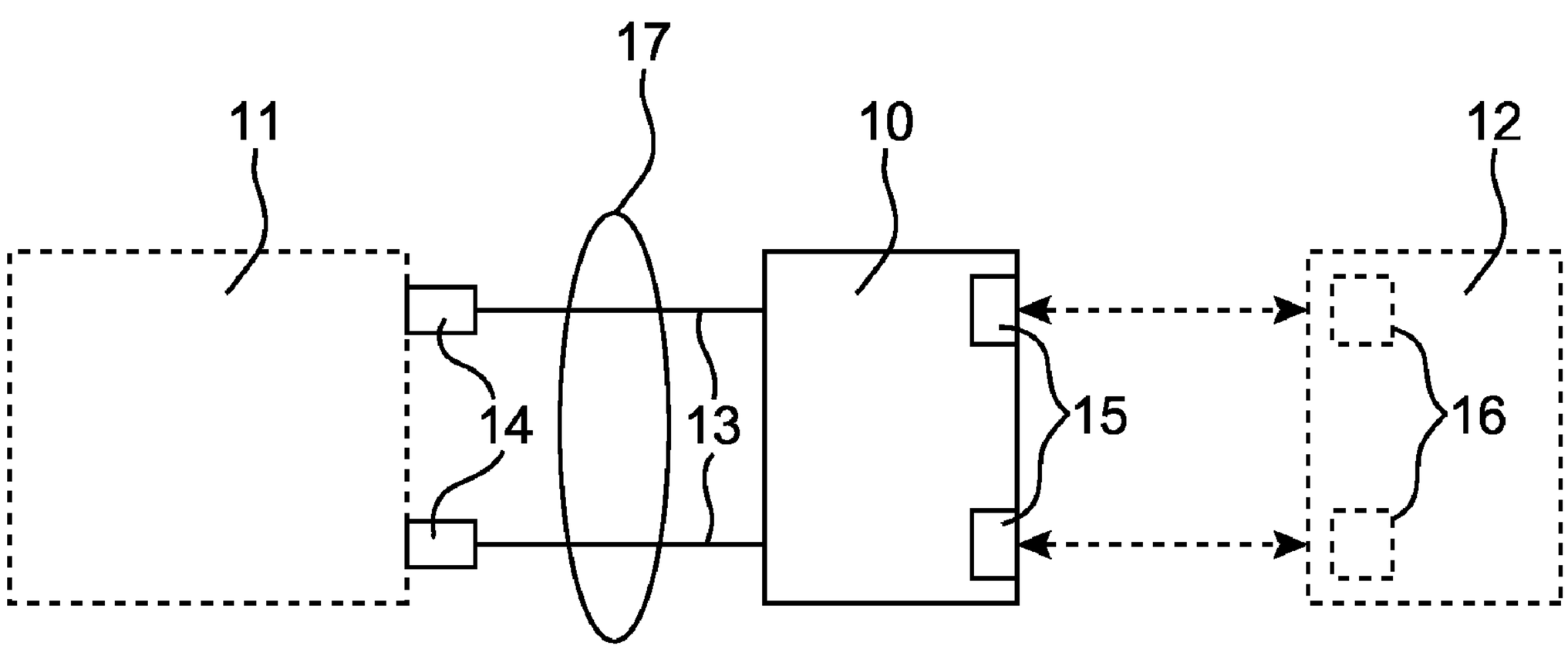
(72) **Inventeurs/Inventors:**
FLOURENS, FRANCK, FR;
GAMBARDELLA, EDDIE, FR;
HEINS, PATRICK, FR;
BOISSON, BERNARD, FR;
SANT-ANNA, PHILIPPE, FR;
RIVAL, JOSEPH, FR

(73) **Propriétaire/Owner:**
AIRBUS OPERATIONS SAS, FR

(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : MODULE DE TEST DE COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE D'UNE INTERFACE ETHERNET HAUT DEBIT EMBARQUEE SUR AVION**

(54) **Title: MODULE FOR TESTING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF A HIGH-SPEED ETHERNET INTERFACE ONBOARD AN AIRCRAFT**



(57) **Abrégé/Abstract:**
L'invention concerne un module de test de compatibilité électromagnétique d'au moins une interface Ethernet haut débit embarquée sur avion, qui comprend, d'une part, un câble (13) de longueur inférieure à 1 mètre, dont les extrémités sont équipées de deux contacts avion (14), d'autre part, deux connecteurs standard (15) compatibles d'un équipement de test standard (12), et des moyens de simulation de l'atténuation d'un câble de test.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
14 décembre 2006 (14.12.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/131678 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/319 (2006.01) *H04L 1/24* (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01) *H04B 3/04* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/050532

(22) Date de dépôt international : 7 juin 2006 (07.06.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0551550 9 juin 2005 (09.06.2005) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **AIRBUS FRANCE** [FR/FR]; 316, route de Bayonne, F-31060 Toulouse (FR).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **FLOURENS, Franck** [FR/FR]; 5, avenue des Tilleuls, F-31500 Toulouse (FR). **GAMBARDELLA, Eddie** [FR/FR]; 27, chemin de Barrieu, F-31700 Blagnac (FR). **HEINS, Patrick** [FR/FR]; Saint Martin de Vère, F-81140 Castelnau de Montmiral (FR). **BOISSON, Bernard** [FR/FR]; 6, rue de Bordevieille, F-31490 Brax (FR). **SANT-ANNA, Philippe** [FR/FR]; 21, clos du Saint Martin, F-31530 Lasserre (FR). **RIVAL, Joseph** [FR/FR]; 34, avenue Winston Churchill, F-31340 Villemur sur Tarn (FR).

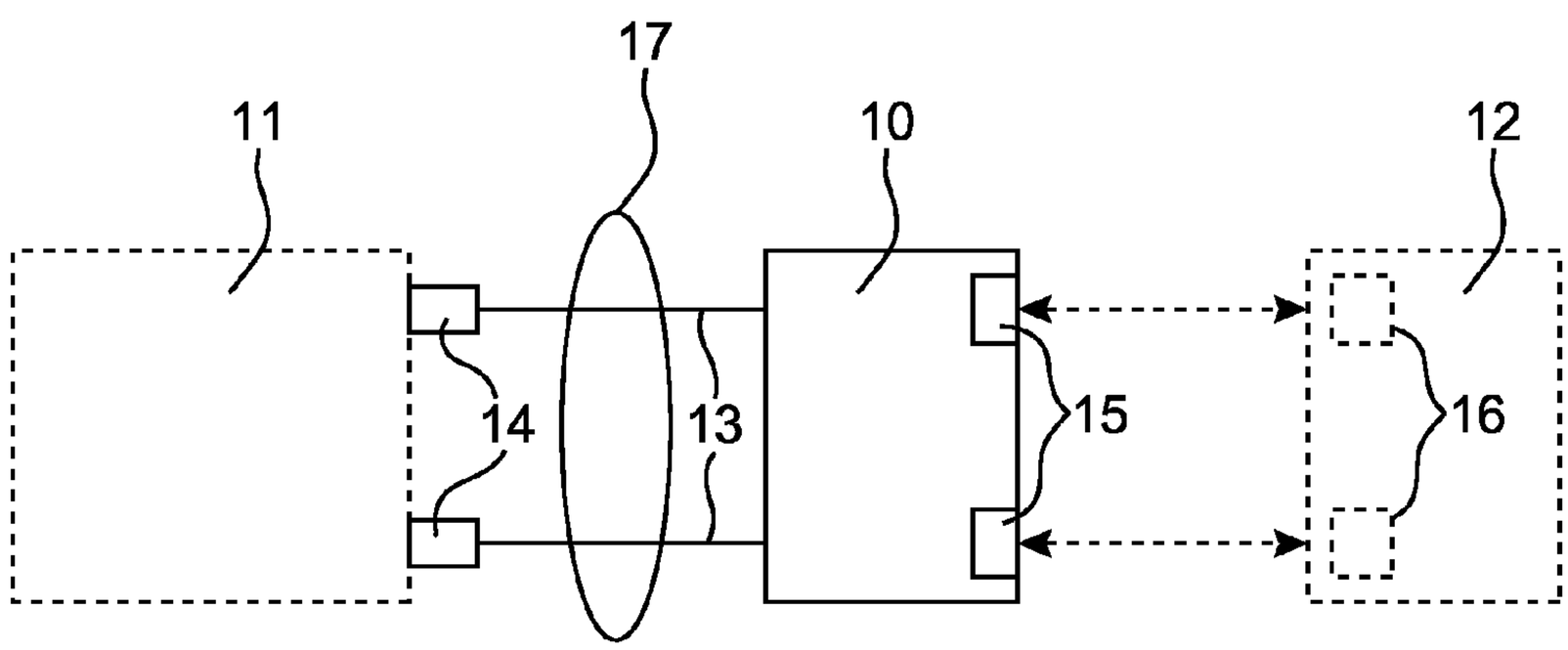
(74) Mandataire : **DU BOISBAUDRY, Dominique**; Brevalex, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MODULE FOR TESTING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF A HIGH-SPEED ETHERNET INTERFACE ONBOARD AN AIRCRAFT

(54) Titre : MODULE DE TEST DE COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE D'UNE INTERFACE ETHERNET HAUT DEBIT EMBARQUEE SUR AVION



(57) Abstract: The invention concerns a module for testing electromagnetic compatibility of a high-speed Ethernet interface onboard an aircraft, comprising a cable (13) of length less than 1 meter, whereof the ends are equipped with two aircraft contacts (14) and two compatible standard connectors (15) of a standard testing equipment (12), and means for simulating attenuation of a test cable.

(57) Abrégé : L'invention concerne un module de test de compatibilité électromagnétique d'au moins une interface Ethernet haut débit embarquée sur avion, qui comprend, d'une part, un câble (13) de longueur inférieure à 1 mètre, dont les extrémités sont équipées de deux contacts avion (14), d'autre part, deux connecteurs standard (15) compatibles d'un équipement de test standard (12), et des moyens de simulation de l'atténuation d'un câble de test.

WO 2006/131678 A1

WO 2006/131678 A1

GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* **:** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

MODULE DE TEST DE COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE D'UNE INTERFACE ETHERNET HAUT DEBIT EMBARQUEE SUR AVION

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un module de test de compatibilité électromagnétique d'une interface Ethernet haut débit embarquée sur avion.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

La certification d'un réseau Ethernet embarqué sur avion implique la démonstration de la tenue électromagnétique des équipements en jeu.

L'augmentation des fréquences utilisées, par exemple 100 Mbit/s pour un réseau AFDX (« Avionics Full Duplex Switched Ethernet »), rend le problème particulièrement crucial dans le domaine avionique. Un test difficile à tenir, étant données les fréquences mises en jeu (10 KHz-400 MHz), est le test de susceptibilité aux rayonnements (« Radio Frequency Conducted Susceptibility »).

Une méthode de test de l'art connu, intitulée « Bulk Current Injection » ou BCI, est décrite dans le document référencé [1] en fin de description. Dans cette méthode on utilise une installation de test similaire à une installation avion avec une longueur de câble de 3,3 mètres. Une injection de courant, simulant une agression électromagnétique, est réalisée à l'aide d'un tore magnétique associé à un câble. Comme illustré sur la courbe de la figure 1,

dans une telle configuration le câble entre en résonance dans la bande utile du signal (inférieure à 65 MHz), ce qui entraîne des zones de « sur test » (pics de tensions très importantes : supérieures à environ 100 volts) et des zones de « sous test » (creux de tensions très faibles : environ 60 millivolts).

Avec un câble de 4 mètres de longueur, les fréquences entre 20 et 40 MHz sont largement sous testées. Un tel mode de réalisation n'est donc acceptable que pour des bus dont les fréquences de fonctionnement sont situées en dessous de 20 MHz.

Par contre si la longueur de ce câble est limitée à 50 cm, les premières résonances sont repoussées plus loin en fréquence (au-delà de 80 MHz). Cependant, avec un câble d'une telle longueur, l'atténuation du signal, qui joue un rôle primordial dans la robustesse du signal, n'est pas prise en compte.

L'utilisation d'un tel câble de test pose, en outre, un problème de sensibilité à l'installation de test utilisée : Les résultats obtenus sont, en effet, très sensibles notamment à la longueur de câble utilisée et à la manière d'installer celui-ci, ce qui empêche une mise en œuvre fiable et reproductible.

Pour résoudre ces différents problèmes, l'invention a pour objet un module de test de compatibilité électromagnétique d'une interface Ethernet haut débit embarqués sur avion qui permet :

- de garantir une prise en compte de l'atténuation du signal,

- d'éviter de sous tester l'interface à cause des résonances qui apparaissent sur le câble utilisé au moment du test.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention concerne un module de test de compatibilité électromagnétique d'au moins une interface Ethernet haut débit embarquée sur avion, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un câble d'une longueur inférieure à 1 mètre, par exemple d'une longueur d'environ 50 cm, dont les extrémités sont équipées de contacts avion,
- deux connecteurs standard compatibles d'un équipement de test standard, et
- des moyens de simulation de l'atténuation d'un câble de test.

Avantageusement les extrémités du câble sont équipées de deux contacts de type « quadrax » femelles. Les deux connecteurs sont des connecteurs de type RJ45.

Avantageusement le module de l'invention est réalisé dans un boîtier aplati directement sur un plan de masse avec un cuivre adhésif, avec une connexion tressée vissée sur ce plan de masse.

Avantageusement les moyens de simulation d'une atténuation comprennent au moins un isolateur connecté à un module de filtrage.

Dans un exemple de réalisation avantageux le module de l'invention comprend un câble avion apte à être relié à un équipement sous test, qui comprend une paire de fils pour émettre, et une paire de fils

pour recevoir et, sur la voie transmission, un premier isolateur connecté à un premier module de filtrage et, sur la voie réception, un second isolateur relié à un second module de filtrage.

Avantageusement le module de test de l'invention est facile à installer, facile à utiliser, et permet des résultats reproductibles malgré les hautes fréquences mises en jeu.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est une courbe en coordonnées logarithmiques représentant un signal transmis (en volts) en fonction de la fréquence (en MHz), illustrant le fonctionnement d'une méthode de test de l'art connu.

La figure 2 illustre le module de test de compatibilité électromagnétique de l'invention, dans une première configuration de test.

La figure 3 illustre un exemple de réalisation du module de test de l'invention.

La figure 4 est une courbe en coordonnées logarithmiques représentant un signal (en volts) en fonctions de la fréquence (en MHz) illustrant le fonctionnement du module de l'invention.

Les figures 5 et 6 illustrent deux configurations de test utilisant le module de l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Comme illustré sur la figure 2, le module de test de compatibilité électromagnétique d'une

interface Ethernet haut débit embarqué sur avion de l'invention comprend :

- d'une part un câble 13, plus court que les câbles de test de l'art antérieur par exemple de moins de 1 mètre de long pour éviter toute atténuation, dont les extrémités sont équipés de deux contacts avion 14,
- d'autre part deux connecteurs standard compatibles d'un équipement de test standard 12, et
- des moyens de simulation de l'atténuation d'un câble de test.

Ce module réalise une interface entre le « monde avion » (à gauche sur la figure) et le « monde de test » (à droite sur la figure). Il permet une isolation entre ces deux mondes.

Ce module 10 est ainsi relié d'une part à un équipement sous test 11 qui est un calculateur avion que l'on cherche à tester, par exemple le calculateur de commandes de vol, et d'autre part à l'équipement de test 12, qui peut être, par exemple, celui décrit dans le document référencés [2] (équipements de test Ethernet) et [3] (service permettant de réaliser un test dénommé : « Bit error rate »).

Ainsi pour tester une interface AFDX, ce module comprend :

- d'un côté d'un câble 13, par exemple d'une longueur d'environ 50 cm, dont les extrémités sont équipées de deux contacts de type « quadrax » 14 (contacts avions) femelles, l'équipement (ou « End System ») AFDX à tester 11 étant équipé de contacts mâles,

– de l'autre côté de deux connecteurs de type RJ45 15 (interface de type PC ou « Personal Computer ») reliés aux émetteurs-récepteurs 16 de l'équipement de test 12, afin d'être compatible d'un équipement de test du commerce, et

– une carte électrique qui simule l'atténuation d'un câble de test.

Selon la méthode de test BCI, une injection de courant 17 est réalisée sur les deux voies du câble 13.

L'équipement de test 12 peut ainsi envoyer des messages (Trames) numérotés 1, 2.....n vers l'équipement sous test 11. L'équipement sous test 11 peut alors renvoyer ces messages. L'équipement de test 12 peut alors vérifier l'identité entre les messages envoyés et les messages reçus. S'il n'y a pas identité et qu'un message est corrompu, il y a un problème sur la ligne, et le test n'est pas acceptable.

L'équipement sous test 11 peut être muni d'une interface Ethernet haut débit. Mais le module de test de l'invention permet, également, de tester simultanément deux interfaces Ethernet haut débit grâce à ses deux voies.

La figure 3 illustre un exemple de réalisation du module de test de l'invention 10 permettant ainsi de réaliser l'atténuation du signal et la protection électromagnétique des interfaces de l'équipement de test 12.

Cette figure illustre une seule voie de test,avec un câble avion 20 apte à être relié à l'équipement sous test 11, qui comprend une paire de

fils 21 pour émettre (Tx), et une paire de fils 22 pour recevoir (Rx), connectés sur deux boîtiers 23 et 24.

Sur la voie transmission, un premier isolateur 25, associé à un ensemble 26 de deux résistances R (en parallèle pour pouvoir supporter un courant important) et d'une capacité C, est connecté à un premier module de filtrage 27 composé de deux résistances de filtrage RF et d'une capacité de filtrage CF, lui-même relié à un boîtier 28.

De même sur la voie réception un second isolateur 30, associé à un ensemble 31 de deux résistances R en parallèle et d'une capacité C, est relié à un second module de filtrage 32 connecté à un boîtier 33.

L'équipement de test 12 est relié aux boîtiers 28 et 33 par un câble Ethernet standard 35 le plus court possible.

Le réglage des composants RF et CF permet d'ajuster la valeur de l'atténuation désirée, en fonction de la longueur de l'avion.

Un tel module permet d'obtenir le signal illustré sur la figure 4, dans lequel les premières résonances (zones de sur test et de zones de sous test) sont repoussées au-delà de 80 MHz.

Le niveau de test passé sur des équipements avion est bien supérieur à 75 mA sur la bande 10 KHz-400 MHz comme défini au chapitre 20.4 du document référencé [1].

Le module de test de l'invention peut être utilisé dans trois configurations de test différentes.

- Dans une première configuration illustrée sur la figure 2, l'injection de courant est réalisé sur le câble 13.

- Dans une seconde configuration illustrée sur la figure 5, le module de test 10 de l'invention est rebouclé sur l'équipement sous test 11 au moyen d'un câble 37, qui relie une sortie de ce module à une entrée de l'équipement 11. L'injection de courant 17 a lieu sur le câble 36.

- Dans une troisième configuration illustrée sur la figure 6, le module de test de l'invention 10 a ses deux sorties reliées entre elles avec un câble de liaison 38 aussi court que possible reliant les deux contacts 15.

Dans un exemple de réalisation AFDX, le module de test de l'invention présente les caractéristiques suivantes :

- Il permet de tester deux équipements sous test 11 en même temps (4 ports AFDX) dans la première configuration de test.

- Le câble 13 utilisé du côté équipement sous test est un câble de 50 cm de long environ, dont les extrémités sont adaptées avec des contacts 14 de type « quadrax » femelle.

- La connexion du côté équipement de test est faite au travers de connecteurs 15 de type RJ45.

- Une encapsulation robuste et conductrice dans un boîtier permet une bonne liaison de ce module. Ce boîtier offre deux connexions au plan de masse

classées par ordre de préférence pour garantir une connexion optimale :

- un boîtier aplati directement sur le plan de masse avec un cuivre adhésif,
- une connexion tressée pour être visée sur le plan de masse.

REFERENCES

[1] Document de normalisation internationale RTCA / DO-160 (Chapitre 20, « Radiofrequency Susceptibility » pages 20-1 à 20-25, 29/7/1997)

[2] http://www.spirentcom.com/analysis/product_product.cfm?PL=33&PS=46&PR=378 (Spirent Communications, « Smartbits Metro Ethernet »)

[3] http://www.spirentcom.com/analysis/technology.cfm?wt=2&az-c=ss&SS=42 (Spirent Communication, BERT ou « Bit Error Rate Testing »)

REVENDICATIONS

1. Un système de test de compatibilité électromagnétique d'au moins une interface Ethernet haut débit, utilisée entre au moins un équipement sous test et un équipement de test standard embarqué sur un avion, comprenant :

un module incluant une première et une seconde extrémités;

un câble de test de longueur inférieure à 1 mètre, ledit câble de test incluant deux premières extrémités et deux secondes extrémités, lesdites premières extrémités étant connectées à ladite première extrémité dudit module, lesdites secondes extrémités étant équipées de deux contacts avion reliés audit au moins un équipement sous test comprenant ladite interface Ethernet;

deux connecteurs standard situés à ladite seconde extrémité du module et compatibles avec deux émetteurs/receveurs dudit équipement de test standard;

un module d'injection de courant pour injecter un courant simulant une agression électromagnétique; et

des moyens de simulation d'atténuation du câble de test.

2. Le système selon la revendication 1, dans lequel ledit câble de test a une longueur d'environ 50 cm.

3. Le système selon la revendication 1, dans lequel lesdits contacts avion sont des contacts de type quadrax femelles.

4. Le système selon la revendication 1, dans lequel les deux connecteurs standard sont des connecteurs de type RJ45.

5. Le système selon la revendication 1, réalisé dans un boîtier aplati directement connecté sur un plan de masse en utilisant un cuivre adhésif ou une connexion tressée.

6. Le système selon la revendication 1, dans lequel les moyens de simulation d'atténuation comprennent au moins un isolateur connecté à un module de filtrage.

7. Le système selon la revendication 6, dans lequel ledit câble de test comprend une première paire de fils pour émettre, une seconde paire de fils pour recevoir, un premier isolateur sur une voie de transmission connecté à un premier module de filtrage, et, sur une voie de réception, un second isolateur relié à un second module de filtrage.

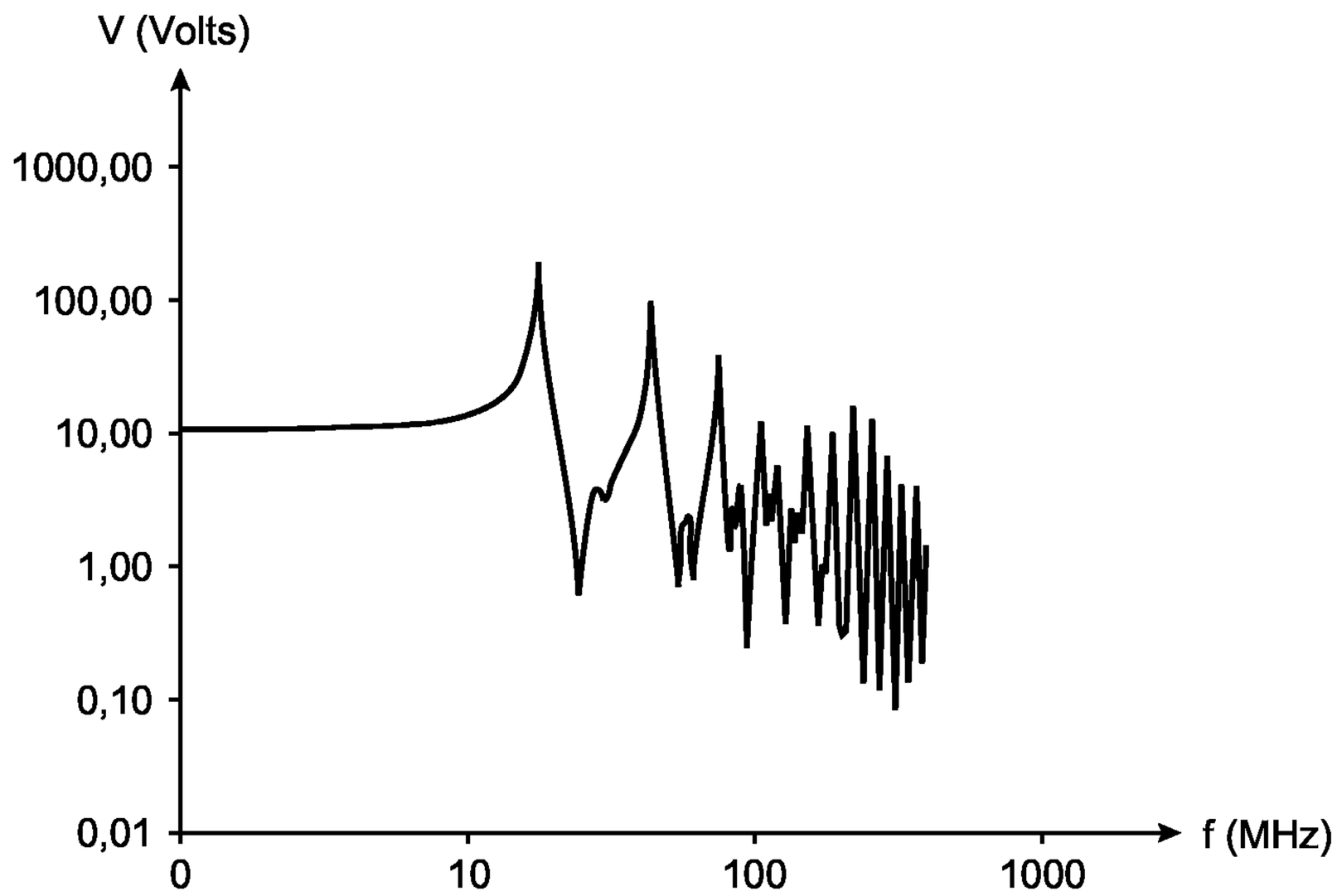

V (Volts)
1000,00
100,00
10,00
1,00
0,10
0,01
0
10
100
1000
f (MHz)

FIG.1

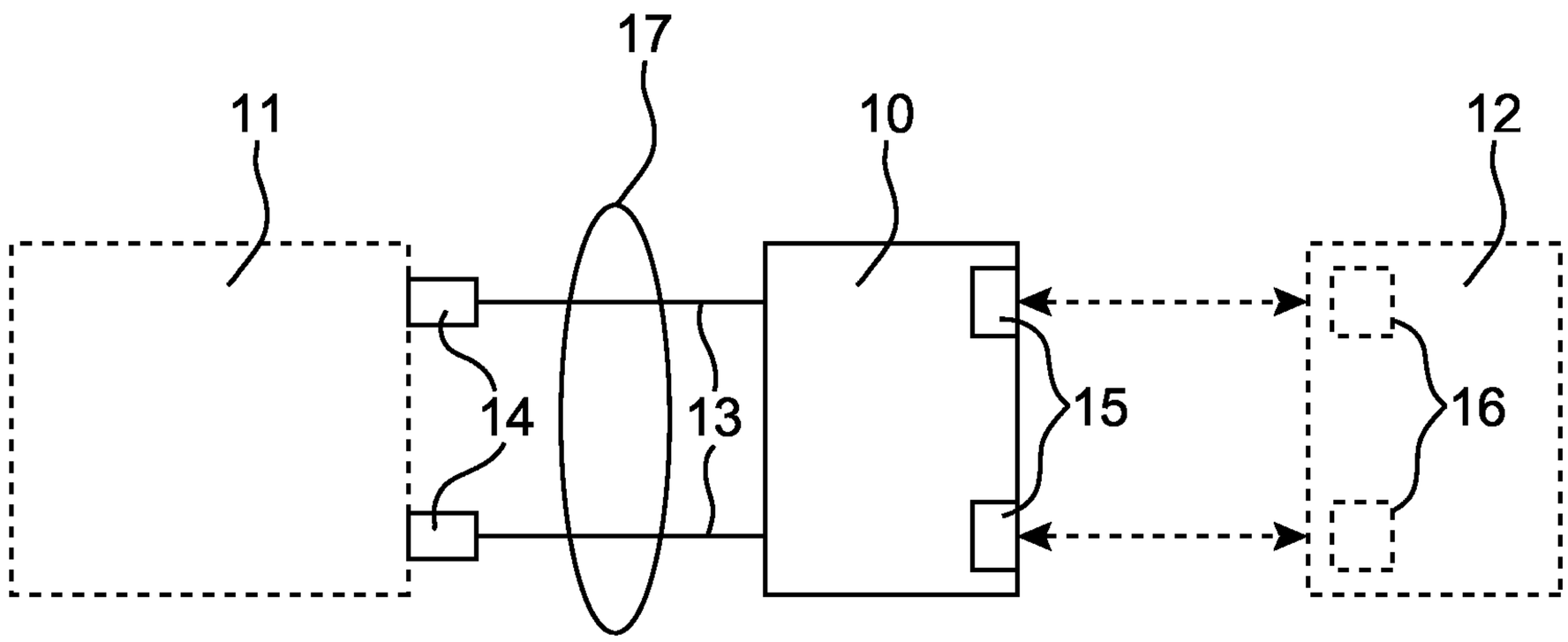

17
11
10
12
14
13
15
16

FIG.2

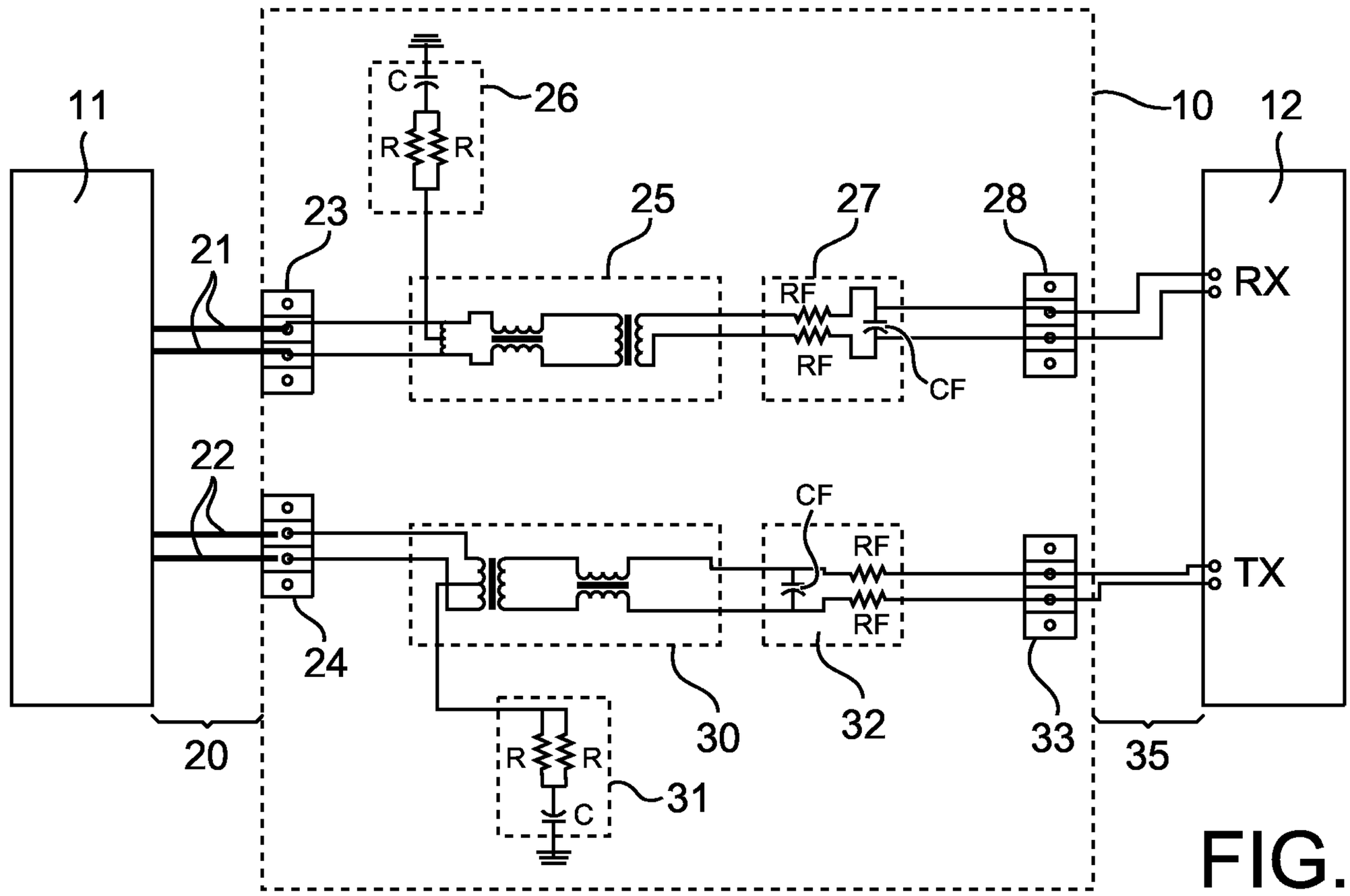

11
10
12
C
26
R
R
23
25
27
28
21
RX
RF
RF
CF
22
CF
RF
RF
TX
24
30
32
33
20
35
R
R
C
31

FIG.3

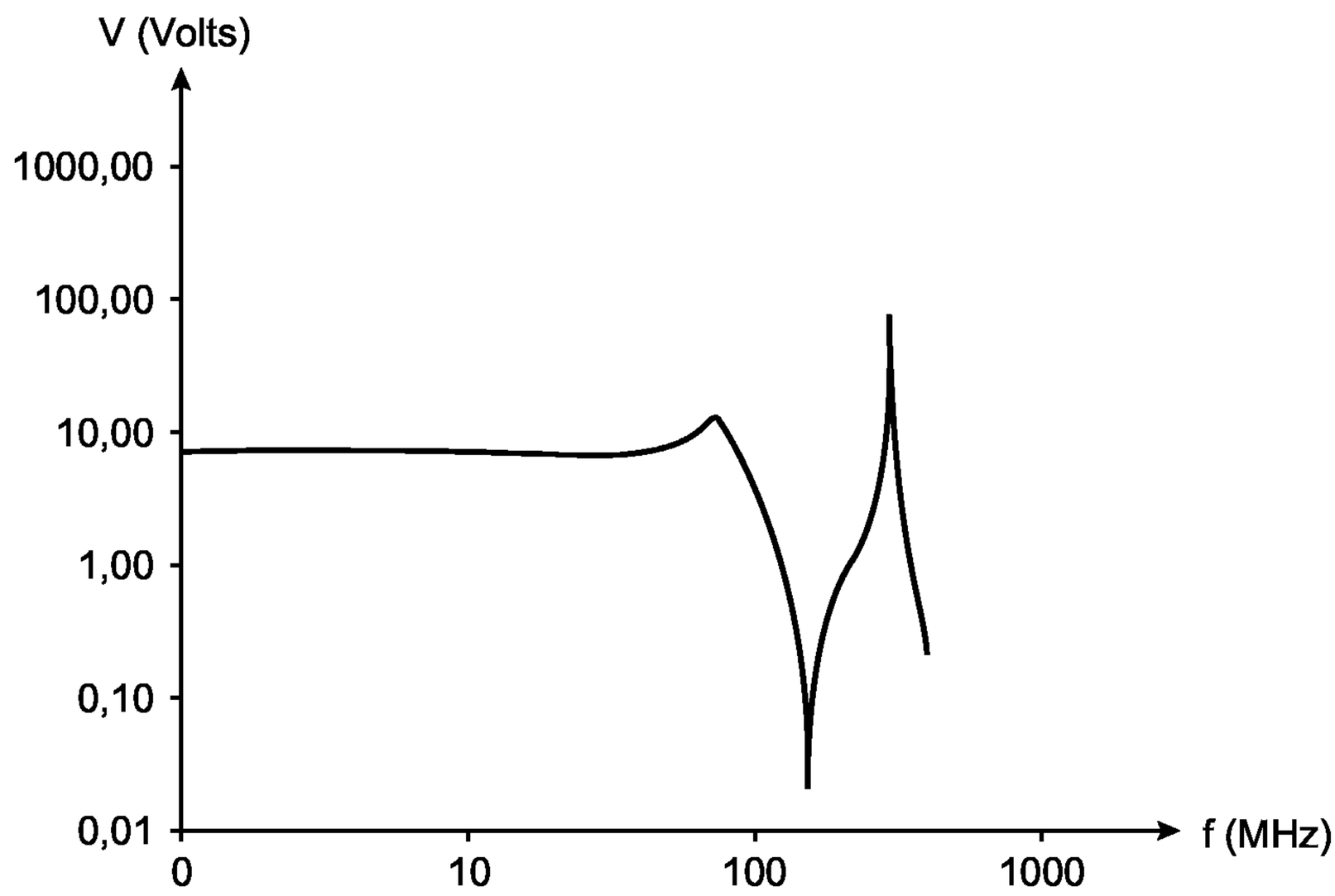

V (Volts)
1000,00
100,00
10,00
1,00
0,10
0,01
0
10
100
1000
f (MHz)

FIG.4

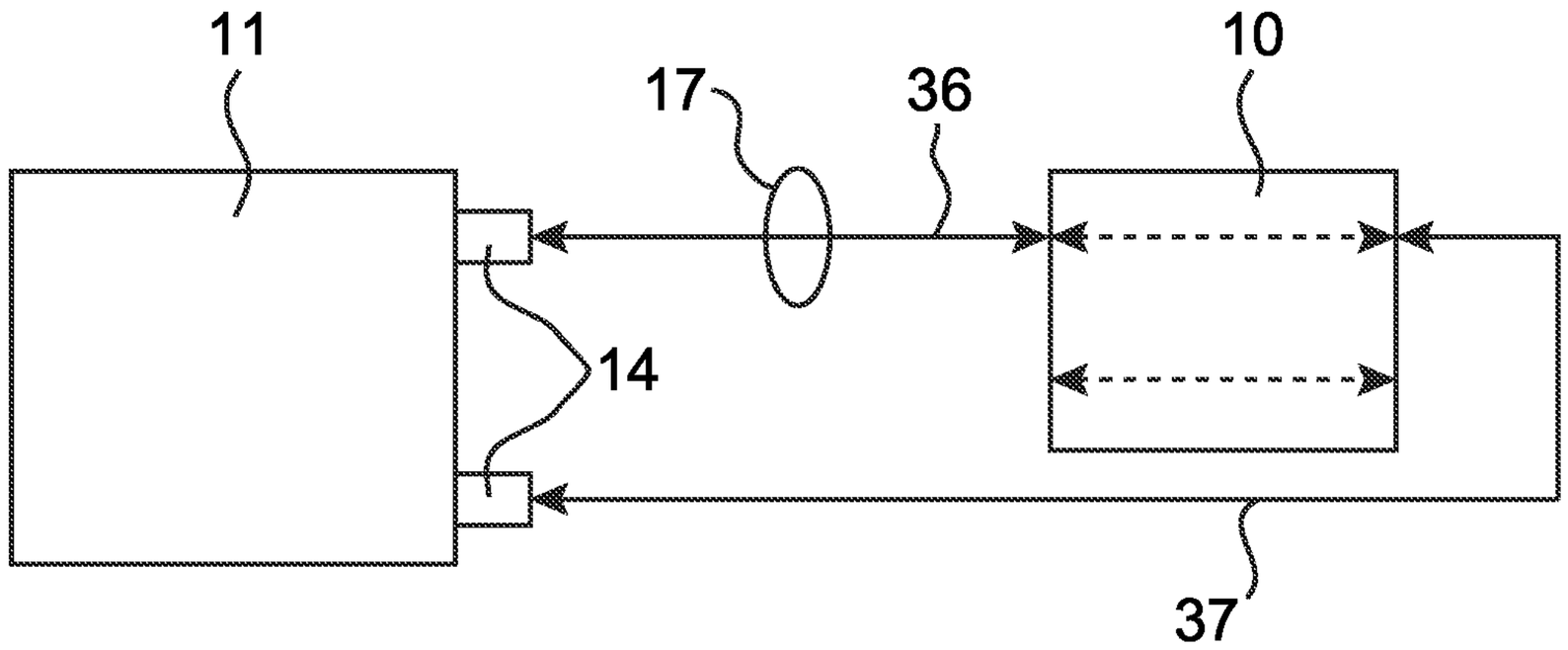


FIG.5

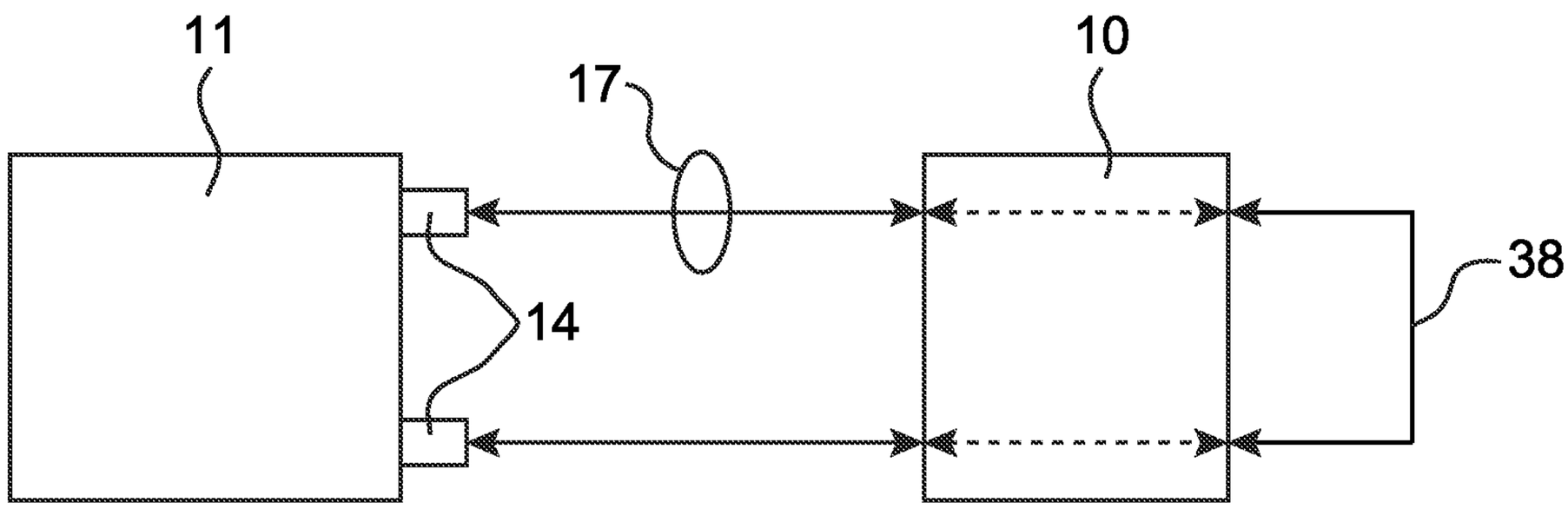
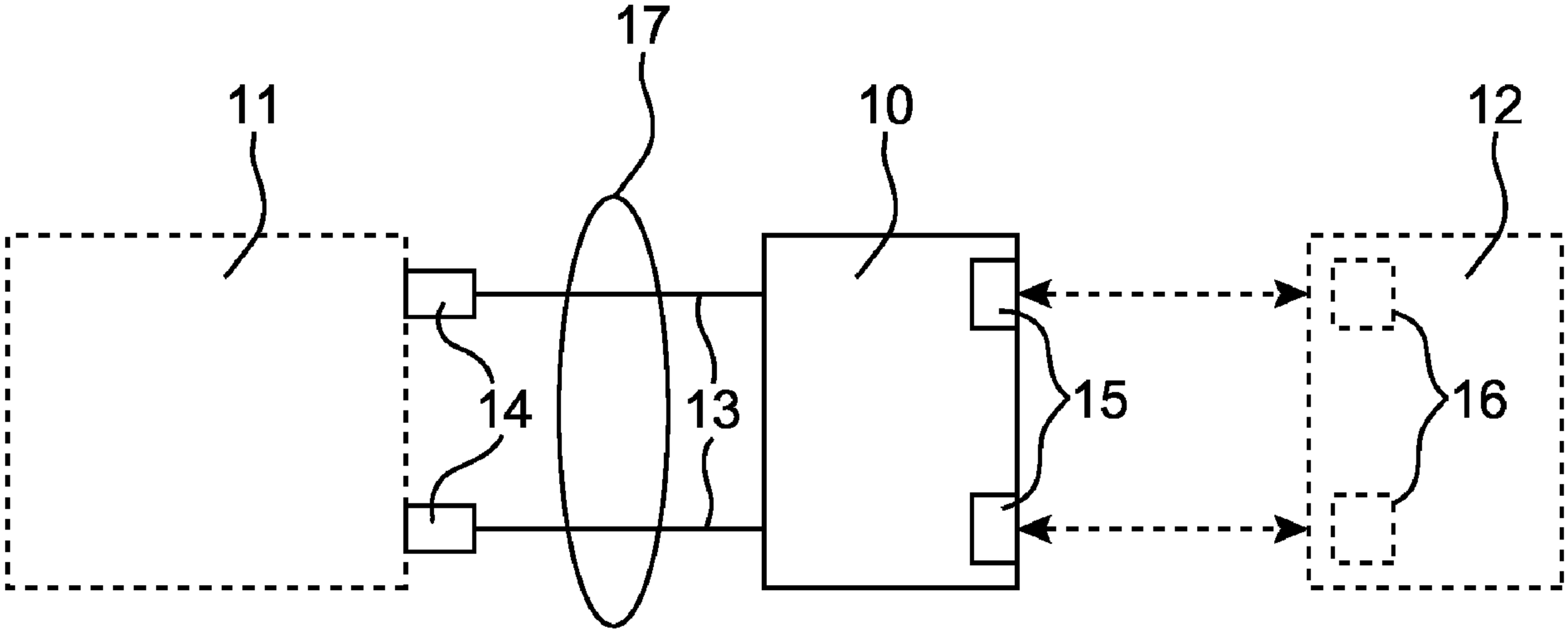


FIG.6


17
11
10
12
14
13
15
16