

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5844022号
(P5844022)

(45) 発行日 平成28年1月13日(2016. 1. 13)

(24) 登録日 平成27年11月27日(2015. 11. 27)

(51) Int. Cl. F I
 HO2H 3/02 (2006.01) HO2H 3/02 J
 HO2H 3/28 (2006.01) HO2H 3/28 W

請求項の数 8 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-543186 (P2015-543186) (86) (22) 出願日 平成27年3月19日 (2015. 3. 19) (86) 国際出願番号 PCT/JP2015/058214 審査請求日 平成27年8月31日 (2015. 8. 31)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 (74) 代理人 110001195 特許業務法人深見特許事務所 (72) 発明者 尾田 重遠 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内</p> <p>審査官 石川 晃</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロセスバス適用保護システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プロセスバスと、

各々が、前記プロセスバスを介して受けた時刻同期信号に同期したタイミングで電力系統の電流および電圧をサンプリングする複数のMU (Merging Unit) と、

自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力可能に構成された複数のIED (Intelligent Electric Device) とを備え、

各前記IEDは、前記プロセスバスを介して他のIEDが送信元である前記時刻同期信号を受信可能であり、

前記複数のIEDには、優先順位が予め定められ、

各前記IEDは、

自IEDよりも優先順位の高いIEDが送信元である前記時刻同期信号を受信していない場合には、自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力し、

自IEDが前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力した後に、自IEDよりも優先順位の高いIEDが送信元である前記時刻同期信号を受信した場合には、自IEDからの前記時刻同期信号の出力を停止するように構成される、プロセスバス適用保護システム。

【請求項2】

各前記IEDは、対応するGPS (Global Positioning System) 信号受信機からタイミング信号を受信し、受信した前記タイミング信号に同期した前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力可能であり、

前記時刻同期信号は、前記タイミング信号に同期した信号であるか否かの情報を含む、請求項 1 に記載のプロセスバス適用保護システム。

【請求項 3】

各前記 I E D は、自 I E D よりも優先順位の高い I E D が送信元である前記時刻同期信号を受信している場合、受信した前記時刻同期信号が前記タイミング信号に同期した信号でない場合には、自らが送信元となって前記タイミング信号に同期した前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力するように構成される、請求項 2 に記載のプロセスバス適用保護システム。

【請求項 4】

各前記 I E D は、自 I E D よりも優先順位の高い I E D が送信元である前記時刻同期信号を受信していない場合であっても、対応する前記 G P S 信号受信機から前記タイミング信号を受信しておらず、かつ、他の I E D が送信元である前記タイミング信号に同期した前記時刻同期信号を受信している場合には、自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力しないように構成される、請求項 2 または 3 に記載のプロセスバス適用保護システム。

10

【請求項 5】

各前記 I E D は、対応する G P S (Global Positioning System) 信号受信機からタイミング信号を受信し、受信した前記タイミング信号に同期した前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力可能であり、

対応する前記 G P S 信号受信機から前記タイミング信号を受信していない場合において、設定時間が経過しても他の I E D が送信元である前記時刻同期信号を受信しない場合には、内部クロックに基づく時刻同期信号を生成して自らが送信元となって生成した前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力するように構成され、

20

前記設定時間は、優先順位の低い I E D ほど短く設定される、請求項 1 に記載のプロセスバス適用保護システム。

【請求項 6】

前記時刻同期信号は、送信元の I E D の優先順位を示す情報を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のプロセスバス適用保護システム。

【請求項 7】

前記時刻同期信号は、送信元の I E D の識別情報を含み、

30

各前記 I E D は、前記識別情報に基づいて、受信した前記時刻同期信号の送信元の I E D の優先順位が自 I E D の優先順位よりも高いか否かを判定するように構成される、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のプロセスバス適用保護システム。

【請求項 8】

プロセスバスを介して M U (Merging Unit) と接続された I E D (Intelligent Electric Device) であって、

前記 M U は、前記プロセスバスを介して受けた時刻同期信号に同期したタイミングで電力システムの電流および電圧をサンプリングし、

前記 I E D は、自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力可能に構成され、

40

前記プロセスバスには、自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力可能な他のデバイスがさらに接続され、

前記時刻同期信号は、優先順位に関する情報を含み、

前記 I E D は、

自 I E D の時刻同期信号よりも優先順位の高い時刻同期信号を受信していない場合には、自らが送信元となって前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力し、

自らが前記時刻同期信号を前記プロセスバスに出力した後に、自 I E D の時刻同期信号よりも優先順位の高い時刻同期信号を受信した場合には、自 I E D からの前記時刻同期信号の出力を停止するように構成される、 I E D。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

この発明は、プロセスバスが適用された電力系統の保護システム（プロセスバス適用保護システム）に関し、特に、このようなプロセスバス適用保護システムにおける時刻同期方法に関する。

【背景技術】

【0002】

プロセスバスが適用された従来の変電機器保護制御システムは、統合ユニット（マーキングユニット：Merging Unit（MU））またはセンサーユニットと称される電圧／電流検出手段と、IED（Intelligent Electric Device）と称される保護制御手段とを含む。これらのマーキングユニットおよびIEDは、プロセスバスと称される通信ネットワークを介して相互に結合される。さらに、IEDは、さらに上位の制御用コンピュータ端末と、ステーションバスと呼ばれる通信ネットワークを介して結合されている。

10

【0003】

近年、これらのプロセスバスおよびステーションバスを2重化（より一般的には冗長化）することによって信頼性を向上することが提案されている（たとえば、IEC 62439-3規格書（非特許文献1）参照）。また、特開2002-315233号公報（特許文献1）の段落0079、0080は、伝送路の2重化について開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2002-315233号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】IEC 62439-3規格書、Edition2.0 2012-07

【非特許文献2】IEEE 1588規格書（IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems）、2008年3月27日承認

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

ところで、複数のマーキングユニットから出力された電流、電圧信号を使って保護要素の演算を実行するIEDでは、プロセスバスから入力される全ての電流、電圧信号は同じタイミングでサンプリングされたデータである必要がある。このため、通常、各マーキングユニットは、IEDから送信された時刻同期信号に基づいて、電流および電圧のサンプリングを実行する。もしくは、各マーキングユニットは、GPS（Global Positioning System）信号受信機が出力する時刻同期信号に電流および電圧のサンプリングタイミングを同期させる。

【0007】

後者の場合、GPS信号がなんらかの原因で消失すると、複数のマーキングユニットのサンプリング同期性が失われるために、可用性（Availability）の点で問題がある。一方、前者の場合、すなわち、IEDからの時刻同期信号に基づいて、複数のマーキングユニット間でサンプリング同期をとる方法では、IEDが受信するGPS信号受信機からのタイミング信号が喪失しても、IEDが内部クロックを用いて時刻同期信号を生成できる。このため、可用性の問題は生じない。

40

【0008】

しかしながら、複数のIEDで構成されている保護システムがプロセスバスに適用される場合には別の問題が生じる。この場合、複数のIEDからの時刻同期信号がプロセスバス上に流れ、しかも、各IEDからの送信された時刻同期信号はGPS信号に基づいて生成されるので、ほとんど同じタイミングで複数のIEDから時刻同期信号がプロセスバス

50

上に伝送されてしまう。この結果、伝送路のトラフィックが増加するために、肝心の電流データおよび電圧データの送信が規定の制御周期内に送信できなくなるという問題が生じ得る。あるいは、その問題を避けるため伝送路の伝送速度を高める必要が生じ、コストアップ要因となり得る。

【0009】

さらに、マーキングユニットについても、複数のIEDからの複数の時刻同期信号を受信すると、どの時刻同期信号に基づいてサンプリング用のタイミング信号を生成するべきかという判定が必要となる。特に複数のマーキングユニットがプロセスバスに接続されたシステムでは、全てのマーキングユニットが同一の時刻同期信号を選択する必要がある。このため、どのIEDからの時刻同期信号に合わせてサンプリング同期するのかという設定が必要となる。

10

【0010】

この発明は、上述の問題点を考慮したなされたものである。この発明の目的は、複数のIEDおよび複数のMUがプロセスバスを介して相互に接続されたシステムにおいて、各MU間の高精度の時刻同期を、伝送路に対して過大な負荷を与えずに実現することが可能な保護システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この発明はプロセスバス適用保護システムであって、プロセスバスと、複数のMU (Merging Unit) と、複数のIED (Intelligent Electric Device) とを備える。各MUは、プロセスバスを介して受けた時刻同期信号に同期したタイミングで電力系統の電流および電圧をサンプリングする。各IEDは、自らが送信元となって時刻同期信号をプロセスバスに出力可能に構成される。さらに、各IEDは、他のIEDが送信元である時刻同期信号を、プロセスバスを介して受信可能である。複数のIEDには、優先順位が予め定められる。各IEDは、自IEDよりも優先順位の高いIEDが送信元である時刻同期信号を受信していない場合には、自らが送信元となって時刻同期信号をプロセスバスに出力するように構成される。

20

【発明の効果】

【0012】

この発明によれば、通常は、最も優先順位の高いIEDが時刻同期信号の送信元になる。何らかの原因で最も優先順位の高いIEDが時刻同期信号を送信できなくなったときには、次の優先順位のIEDに時刻同期信号の送信元が自動的に切り替わる。したがって、単一の時刻同期信号のみがプロセスバスに出力されるので、プロセスバスのトラフィックを過大に増加させることなく、この単一の時刻同期信号に基づいて各MU間で高精度の時刻同期を実現できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】冗長化されたプロセスバスが適用された保護システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図2】冗長化されたプロセスバスが適用された保護システムの他の構成例を示すブロック図である。

40

【図3】図1および図2の各マーキングユニット5の構成を示すブロック図である。

【図4】図1および図2のIED7の構成を示すブロック図である。

【図5】図4の時刻同期制御回路23の動作を表形式で示した図である。

【図6】図1の保護システムの動作の具体例を示すフローチャートである。

【図7】図6の動作例において、IED1がGPS受信機からのタイミング信号を正常に受信できなくなった場合を示すフローチャートである。

【図8】第2の実施形態による保護システムにおいて、IED7Aの構成を示すブロック図である。

【図9】図8の時刻同期制御回路23Aの動作を表形式で示す図である。

50

【図10】図6の動作例において、IED1がGPS信号を受信できなくなった場合の動作例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、各実施形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して、その説明を繰返さない。

【0015】

<第1の実施形態>

[保護システムの全体構成]

図1は、冗長化されたプロセスバスが適用された保護システムの構成の一例を示すブロック図である。図1の保護システムは、電力系統の電流情報および/または電圧情報の入力に基づいて、電力系統の故障を検出して故障個所を電力系統から切り離す保護制御機能を有する(なお、「および/または」は「少なくとも一方」を意味する)。保護システムは、複数のマーキングユニット(図1の場合には、2台のMU1(5_1)およびMU2(5_2)が代表的に示されている)と、複数のIED(図1の場合には3台のIED1(7_1)、IED2(7_2)、およびIED3(7_3)が代表的に示されている)とを含む。これらのMUおよびIEDは、プロセスバス(PB:Process Bus)6Aを介して相互に接続されている。

10

【0016】

MU1(5_1)は、送電線などの線路1_1の電圧の情報を計器用変圧器(電圧変成器とも称する)2_1によって取得し、線路1_1に流れる電流の情報を計器用変流器(電流変成器とも称する)3_1によって取得する。電圧情報および電流情報はどちらか一方のみを取得してもよいし、それぞれ複数の情報を取得するようにしてもよい。同様に、MU2(5_2)は、線路1_2の電圧の情報を計器用変圧器(電圧変成器とも称する)2_2によって取得し、線路1_2に流れる電流の情報を計器用変流器(電流変成器とも称する)3_2によって取得する。

20

【0017】

MU1(5_1)およびMU2(5_2)の各々は、入力された電流データをプロセスバスで規定された所定のサンプリング周期(たとえば4800Hz)でデジタルデータに変換し、変換されたデジタルデータをプロセスバス6Aに出力する。以下では、変換後のデジタルデータをSV(Sampled Value)データと称する。

30

【0018】

IED1(7_1)、IED2(7_2)、およびIED3(7_3)の各々は、MU1(5_1)およびMU2(5_2)から取得した電流および/または電圧のSVデータを用いて保護制御演算を実行する。各IEDは、保護制御演算の結果、電力系統が故障であると判定すると、プロセスバス6Aに動作信号を出力する。MU1(5_1)およびMU2(5_2)はこの動作信号を受信すると、それぞれ対応する遮断器(CB)4_1、4_2に対して開放指令を出力する。

【0019】

さらに、IED1(7_1)、IED2(7_2)、およびIED3(7_3)の各々は、時刻同期のためのタイミング信号をGPS信号受信機8から受信する。なお、GPS信号受信機8は、衛星から受信したGPS信号に基づいて各IEDに配信するタイミング信号を生成する。各IEDは、GPS信号受信機からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス6Bに接続された各機器に送信する。図1では、全てのIEDが共通のGPS信号受信機8に接続されている例を示しているが、各IEDは異なるGPS信号受信機に接続されていてもよい。

40

【0020】

プロセスバス6Aは、信頼性を確保するために冗長化されている。ここで、冗長化とは、機器間に複数の通信経路が設けられていることをいう。冗長化の方法は特に制限されない。一例として図1の場合には、IEC62439-3で規定されている高可用シームレ

50

ス冗長性（HSR：High Availability Seamless Redundancy）規格に従って2重化されたプロセスバスの例が示されている。

【0021】

具体的にHSR規格では、各MUは2つの入出力ポートMU-PB1、MU-PB2を有し、各IEDは2つの入出力ポートIED-PB1、IED-PB2を有する。そして、各IEDおよびMUは、双方向の光ケーブルを介してリング状に接続されている。たとえば、MU1（5__1）は、MU-PB1ポートからSVデータをプロセスバス6Aに出力する。MU1（5__1）は、さらに、同一のSVデータをMU-PB2ポートからプロセスバス6Aに出力する。すなわち、MU1（5__1）のSVデータは、MU-PB1ポートから、IED1、IED2、IED3、MU2の順に伝送されるとともに、MU-PB2ポートから、MU2、IED3、IED2、IED1の順に伝送される。各機器では、内部で必要なデータの場合、先着優先でデータを取得する方式が採られる。後着データは廃棄される。最先の受信データは各機器内での処理に用いられる。

10

【0022】

上記のような2重化方式の場合、例えば、MU1-IED1間の伝送路が何らかの原因で遮断されても、MU1のSVデータはMU2、IED3、IED2、IED1の経路によってIED1へ伝送される。したがって、IED1は、MU1のSVデータを正常に受信でき、電力系統の保護を継続できる。

【0023】

図2は、冗長化されたプロセスバスが適用された保護システムの他の構成例を示すブロック図である。図2の場合には、IEC62439-3で規定されているパラレル冗長化プロトコル（PRP：Parallel Redundancy Protocol）規格に従って2重化されたプロセスバスの例が示されている。

20

【0024】

具体的にPRP規格では、プロセスバス6Bは、ハブ（HUB）9__1、9__2を含む。各IEDのIED-PB1ポートは、ハブ9__1を介して他のIEDのIED-PB1ポートおよび各MUのMU-PB1ポートと接続される。各MUのMU-PB1ポートは、ハブ9__1を介して他のMUのMU-PB1ポートおよび各IEDのIED-PB1ポートと接続される。同様に、各IEDのIED-PB2ポートは、ハブ9__2を介して他のIEDのIED-PB2ポートおよび各MUのMU-PB2ポートと接続される。各MUのMU-PB2ポートは、ハブ9__2を介して他のMUのMU-PB2ポートおよび各IEDのIED-PB2ポートと接続される。

30

【0025】

各MUは、同一のSVデータをMU-PB1ポートおよびMU-PB2ポートを介してハブ9__1、9__2にそれぞれ出力する。SVデータは、ハブ9__1、9__2を介して各IEDに出力される。同様に各IEDは、同一の動作信号（遮断器開放指令）および時刻同期信号などをIED-PB1ポートおよびIED-PB2ポートを介してハブ9__1、9__2にそれぞれ出力する。動作信号（遮断器開放指令）はハブ9__1、9__2を介して各MUに出力される。時刻同期信号はハブ9__1、9__2を介して他のIEDおよび各MUに出力される。

40

【0026】

図2に示す2重化方式の場合、たとえば、ハブ9__1を介する伝送路が何らかの原因で遮断されても、ハブ9__2を介する経路によって、各機器は相互に通信することができる。この結果、各IEDは、各MUのSVデータを正常に受信でき、電力系統の保護を継続することができる。図2のその他の点は図1の場合と同様であるので、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。なお、以下では、主として図1のHSR規格の場合を例に挙げて説明するが、PRP規格の場合もほぼ同様である。

【0027】

[MUの構成および動作]

図3は、図1および図2の各マーキングユニット5の構成を示すブロック図である。図

50

3を参照して、各MU5は、アナログ入力(AI: Analog Input)回路10と、アナログ・デジタル変換器(ADC: Analog-to-Digital Converter)11と、中央処理装置(CPU: Central Processing Unit)12とを含む。各MU5は、さらに、プロセスバス(PB)制御回路13と、通信制御回路14と、時刻受信回路15と、クロック生成回路16と、サンプリング制御回路17と、デジタル出力(DO: Digital Output)回路18とを含む。

【0028】

AI回路10は、電圧変成器2および/または電流変成器3から電圧信号および/または電流信号の入力を受ける。AI回路10は、電圧変成器2および電流変成器3とマージングユニット5の内部回路との間を絶縁するとともに、入力された電圧信号および/または電流信号を内部回路で処理するのに適切なレベルの信号に変換する。この機能を実現するためにAI回路10には、たとえば、トランスが設けられている。AI回路10は、さらに、電圧信号および/または電流信号に重畳された高周波ノイズ成分を除去するためのフィルタなどを含む。

10

【0029】

AD変換器11は、AI回路10から入力された電圧信号および/または電流信号をデジタルデータに変換する。CPU12は、AD変換器11から入力されたSVデータに対して、プロセスバスの規格で規定されたデータ処理を実行する。PB制御回路13は、CPU12によって処理されたデータをプロセスバスの伝送手順に従ったデータに変換して通信制御回路14へ出力する。

20

【0030】

通信制御回路14は、上述の通信2重化のための制御を実行する。具体的に、通信制御回路14は、PB制御回路13から入力されたデータを入出力ポートMU-PB1, MU-PB2の各々から出力する。通信制御回路14は、入出力ポートMU-PB1, MU-PB2を介してプロセスバス6(6A, 6B)から入力されたデータのうち、自MUで必要なデータを内部に取り込む。同一のデータを受信した場合には、先着のデータのみ内部に取り込まれ、後着のデータは廃棄される。さらに、図1のHSR規格の場合には、通信制御回路14は、入出力ポートMU-PB1, MU-PB2の一方を介してプロセスバス6から入力されたデータを他方のポートからそのままプロセスバス6に出力する。

30

【0031】

時刻受信回路15は、入出力ポートMU-PB1, MU-PB2を介してプロセスバス6から入力された時刻同期信号を受信する。受信された時刻同期信号は、クロック生成回路16で生成されたクロック信号とともにサンプリング制御回路17に入力される。

【0032】

サンプリング制御回路17は、時刻同期信号を正常に受信している場合は時刻同期信号に基づいてサンプリング用のタイミング信号を生成し、時刻同期信号を正常に受信していない場合はクロック信号に基づいてサンプリング用のタイミング信号を生成する。生成されたタイミング信号は、AI回路10およびAD変換器11に入力される。

【0033】

IED1またはIED2から送信された動作信号(遮断器開放指令)が入出力ポートMU-PB1, MU-PB2に入力されたとき、その動作信号は、PB制御回路13によって、プロセスバスの規格で規定されたデータ形式から内部処理に適したデータ形式に変換される。変換された動作信号は、DO回路18によって接点信号に変換され、所定の遮断器に開放指令として出力される。

40

【0034】

なお、上記のPB制御回路13、通信制御回路14、時刻受信回路15、およびサンプリング制御回路17は、たとえば、FPGA(Field Programmable Gate Array)を用いて構成することができる。PB制御回路13の機能は、CPU12によって実現してもよい。

【0035】

50

〔 I E D の構成および動作 〕

図 4 は、図 1 および図 2 の I E D 7 の構成を示すブロック図である。図 4 を参照して、各 I E D 7 は、通信制御回路 2 0 と、時刻受信回路 2 1 と、時刻送信回路 2 5 と、P B 制御回路 2 6 と、優先順位記憶回路 2 2 と、時刻同期制御回路 2 3 と、クロック生成回路 2 4 と、保護制御演算部 2 7 とを含む。

【 0 0 3 6 】

通信制御回路 2 0 は、M U の通信制御回路 1 4 と同様に、プロセスバス 6 (6 A または 6 B) の 2 重化に必要な制御を実行する。具体的に、通信制御回路 2 0 は、時刻送信回路 2 5 から入力された時刻同期信号および P B 制御回路 2 6 から入力された遮断器開放指令などを、入出力ポート I E D - P B 1 , I E D - P B 2 の各々を介してプロセスバス 6 に出力する。通信制御回路 2 0 は、入出力ポート I E D - P B 1 , I E D - P B 2 を介してプロセスバス 6 から入力されたデータのうち、自 I E D で必要なデータを内部に取り込む。同一のデータを受信した場合には、先着のデータのみ内部に取り込まれ、後着のデータは廃棄される。さらに、図 1 の H S R 規格の場合には、通信制御回路 2 0 は、入出力ポート I E D - P B 1 , I E D - P B 2 の一方を介してプロセスバス 6 から入力されたデータを他方のポートからそのままプロセスバス 6 に出力する。

【 0 0 3 7 】

P B 制御回路 2 6 は、入出力ポート I E D - P B 1 , I E D - P B 2 を介して各 M U からの S V データが入力されたとき、時刻同期制御回路 2 3 から受信した S V データ読み込みタイミング信号に同期したタイミングで、受信した S V データを I E D 内部の演算に適したデータに変換する。変換されたデータは保護制御演算部 2 7 に取り込まれ、保護制御演算部 2 7 によって保護制御演算が実行される。保護制御演算部 2 7 は、保護制御演算の結果、電力系統が故障であると判定すると、動作信号を P B 制御回路 2 6 に出力する。P B 制御回路 2 6 は、この動作信号を遮断器開閉指令として、プロセスバスの規格に規定された手順に従って通信制御回路 2 0 からプロセスバス 6 に出力する。

【 0 0 3 8 】

時刻受信回路 2 1 は、入出力ポート I E D - P B 1 , I E D - P B 2 を介してプロセスバス 6 から入力された時刻同期信号を受信する。時刻受信回路 2 1 は、受信した時刻同期信号を時刻同期制御回路 2 3 に出力する。

【 0 0 3 9 】

優先順位記憶回路 2 2 は、自 I E D の時刻同期信号の優先順位を記憶している。プロセスバス 6 に接続された複数の I E D では、時刻同期信号の優先順位が予め設定されている。優先順位の設定値は、時刻同期制御回路 2 3 によって読み出される。なお、プロセスバス 6 から入力された時刻同期信号にも優先順位に関する情報が含まれている。また、各 I E D が生成する時刻同期信号に優先順位が定められているとしたが、各 I E D に優先順位が定められているとしても実質的に同じである。

【 0 0 4 0 】

時刻同期制御回路 2 3 は、時刻受信回路 2 1 からの時刻同期信号と、G P S 信号受信機 8 からのタイミング信号と、クロック生成回路 2 4 からクロック信号とを受信する。そして、時刻同期制御回路 2 3 は、プロセスバス 6 から受信した時刻同期信号 (すなわち、時刻受信回路 2 1 の時刻同期信号) の優先順位が自 I E D の時刻同期信号の優先順位よりも高位である場合には、プロセスバスから受信した時刻同期信号を最優先として取り扱う。具体的に、時刻同期制御回路 2 3 は、プロセスバス 6 から受信した時刻同期信号に同期するように S V データ読み込みタイミング信号を生成して P B 制御回路 2 6 に出力する。

【 0 0 4 1 】

なお、S V データ読み込みタイミング信号をプロセスバス 6 から受信した時刻同期信号と同期させる理由は、各 M U がその時刻同期信号に同期したタイミングで電力系統の電圧および / または電流をサンプリングしているからである。したがって、S V データを漏れなく読み取るには M U のサンプリングタイミングに S V データの読み込みタイミングを同期させる必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

一方、プロセスバス6から受信した時刻同期信号の優先順位が自IEDの時刻同期信号の優先順位よりも低位である場合、もしくは、プロセスバス6から時刻同期信号を受信していない場合には、時刻同期制御回路23は、GPS信号受信機8から受信したタイミング信号を最優先として取り扱う。具体的に、時刻同期制御回路23は、GPS信号受信機8から受信したタイミング信号に同期するようにSVデータ読み込みタイミング信号を生成してPB制御回路26に出力する。さらに、時刻同期制御回路23は、GPS信号受信機8から受信したタイミング信号に同期した時刻同期信号(自IEDの優先順位の情報を含んでいる)を時刻送信回路25に出力する。この時刻同期信号は、時刻送信回路25によって、通信制御回路20を経てプロセスバス6に出力される。

10

【 0 0 4 3 】

プロセスバス6から受信した時刻同期信号の優先順位が自IEDの時刻同期信号の優先順位よりも低位である場合、さらにGPS信号受信機8からタイミング信号を受信していない場合には、時刻同期制御回路23は、受信した時刻同期信号からのクロック信号に基づいてSVデータ読み込みタイミング信号を生成してPB制御回路26に出力する。

【 0 0 4 4 】

なお、全てのIEDがGPS受信機8からのタイミングを受信していない場合に、プロセスバス上に出力する時刻同期信号を確保するために、時刻同期信号の優先順位が最も低位のIEDについて次のように構成するのが望ましい。すなわち、最低位のIEDは、設定時間が経過しても時刻同期信号を受信しないことを条件に、内部クロックに基づいてSVデータ読み込みタイミング信号を生成してPB制御回路26に出力するとともに、内部クロックに基づく時刻同期信号をプロセスバスに出力する。この場合の設定時間は、GPS受信機8からの信号をどれかのIEDで受信している場合において時刻同期信号の切替に必要な時間以上に設定する。具体的には、数秒から数10秒に設定される。

20

【 0 0 4 5 】

上記の設定時間を、各IEDごとに設定してもよい。この場合、優先順位の最低位のIEDを最も短い設定時間にし、優先順位が上がるにつれてより長い設定時間にすることで、より低位の優先順位のIEDの内部クロックを優先するようにする。GPS受信機からのタイミング信号を受信できないとき、より低位のIEDの内部クロックを優先する理由は、より優先順位の高いIEDがGPS受信機8からの時刻同期信号を受信できるようになると、時刻同期信号が自動的に切替わるようにするためである。

30

【 0 0 4 6 】

なお、上記の保護制御演算部27の機能はCPUによって実現することができる。通信制御回路20、時刻受信回路21、時刻同期制御回路23、時刻送信回路25、およびPB制御回路26は、FPGAを用いて構成することができる。PB制御回路26の機能を保護制御演算部27とともにCPUによって実現してもよい。

【 0 0 4 7 】

[時刻同期制御回路の動作]

図5は、図4の時刻同期制御回路23の動作を表形式で示した図である。図5を参照して、時刻同期制御回路23に動作は、自IEDの時刻同期信号よりも優先順位が高く設定された時刻同期信号(A)をプロセスバス6から受信しているか否かという条件と、GPS信号受信機8からタイミング信号(B)を受信しているか否かという条件とによって分類される。

40

【 0 0 4 8 】

すなわち、自IEDの時刻同期信号よりも優先順位が高く設定された時刻同期信号(A)を受信している場合には、時刻同期制御回路23は、自らが送信元となって時刻同期信号をプロセスバス6に出力することはない。さらに、時刻同期制御回路23は、自IEDの時刻同期信号よりも優先順位が高く設定された時刻同期信号(A)に基づいてSVデータ読み込みタイミング信号を生成する。なお、自IEDの時刻同期信号よりも優先順位が高く設定された複数の時刻同期信号(A)を受信している場合には、最も優先順位の高い時

50

刻同期信号 (A) が優先される。

【 0 0 4 9 】

自 I E D の時刻同期信号よりも優先順位が高く設定された時刻同期信号 (A) を受信していないが、G P S 信号受信機 8 からタイミング信号 (B) を正常に受信している場合には、時刻同期制御回路 2 3 は、G P S 信号受信機 8 から受信したタイミング信号 (B) に同期した時刻同期信号をプロセスバス 6 に出力する。さらに、時刻同期制御回路 2 3 は、G P S 信号受信機 8 から受信したタイミング信号 (B) に基づいて S V データ読み込みタイミング信号を生成する。

【 0 0 5 0 】

次に、自 I E D の時刻同期信号よりも優先順位が高い時刻同期信号 (A) を受信しておらず、かつ、G P S 信号受信機 8 からタイミング信号 (B) を正常に受信していない場合について説明する。この場合、時刻同期制御回路 2 3 は、自らは時刻同期信号をプロセスバス 6 に出力しない。時刻同期制御回路 2 3 は、自 I E D の時刻同期信号よりも低位の時刻同期信号 (D) をプロセスバス 6 から必ず受信するので、この受信した時刻同期信号 (D) に同期したタイミングで S V データの読み込みを行う。前述のように、全ての I E D が G P S 受信機 8 からのタイミングを受信していない場合には、プロセスバス上に出力する時刻同期信号を確保するために、時刻同期信号の優先順位が最も低位の I E D が内部クロックに基づく時刻同期信号をプロセスバス上に出力することになる。

10

【 0 0 5 1 】

なお、クロック生成回路 2 4 は、G P S 信号受信機 8 からタイミング信号 (B) を正常に受信している間に、このタイミング信号 (B) に基づいて生成されるクロック信号を補正するのが望ましい。

20

【 0 0 5 2 】

[時刻同期信号について]

上記の時刻同期信号の一例として、I E E E 1 5 8 8 規格書 (I E E E Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems) (非特許文献 2) に従った時刻同期信号を用いることができる。ただし、I E E E 1 5 8 8 では、時刻同期信号の優先順位を表す既存の信号はないので、たとえば、同規格書の 5 4 ~ 5 5 頁の 7 . 6 . 2 . 4 に記載されているクロッククラス (clockClass) の場所を借りて優先順位の情報を設定することができる。具体的に、clockClass = 6 8 ~ 1 2 2 には別の P T P プロファイルがアサインされているので、そこに優先順位の情報を入れることができる (他の適当な場所を利用しても構わない) 。

30

【 0 0 5 3 】

もしくは、送信元のアドレス情報を利用して時刻同期信号の優先順位を決定してもよい。具体的に、I E E E 1 5 8 8 規格書では、4 4 頁の 7 . 3 . 5 に “ Message sourcePortIdentity ” として時刻同期信号に送信元のアドレス情報が記載されている。さらに、同規格書の 1 2 4 頁のテーブル 1 8 にヘッダー中での “ Message sourcePortIdentity ” の格納場所が記載されている。各 I E D は、受信した時刻同期信号の送信元アドレス情報に基づいて、受信した時刻同期信号の優先順位が自 I E D の優先順位よりも高いか否かを判定する。

40

【 0 0 5 4 】

このようにアドレス情報に基づいて時刻同期信号の優先順位を判定する場合には、時刻同期信号に優先順位の情報を付加する必要はない。図 4 の優先順位記憶回路 2 2 には、各 I E D のアドレス情報と優先順位との対応関係が記憶されている。好ましくは、各 I E D のアドレス設定を優先順位の順番またはその逆順に設定するようにすれば、図 4 の優先順位記憶回路 2 2 には、自 I E D のアドレス情報のみを記憶するようにできる。

【 0 0 5 5 】

[保護システムの動作の具体例]

図 6 は、図 1 の保護システムの動作の具体例を示すフローチャートである。図 1 において、I E D 1、I E D 2、I E D 3 の順に時刻同期信号の優先順位が設定されているとす

50

る（IED 1 の時刻同期信号の優先順位が最も高い）。

【0056】

図 1、図 6 を参照して、最初に、IED 1，IED 2，IED 3 が一斉に GPS 信号受信機 8 からのタイミング信号に同期した時刻同期信号を送信したとする（ステップ S 1 0 0，S 2 0 0，S 3 0 0）。送信された時刻同期信号には、優先順位を表す情報または送信元の IED の識別情報が付加されている。各時刻同期信号は各 IED によって相互に受信される。

【0057】

IED 1 は、IED 2 および IED 3 の各々から受信した時刻同期信号の優先順位が自 IED の時刻同期信号の優先順位よりも低いので、GPS 信号受信機からのタイミング信号に同期したタイミングで SV データの読み込みを行う（ステップ S 1 0 2）。IED 2 および IED 3 の各々は、IED 1 から受信した時刻同期信号の優先順位が最も高いので、IED 1 からの時刻同期信号に同期したタイミングで SV データの読み込みを行う（ステップ S 2 0 2，S 3 0 2）。

10

【0058】

さらに、IED 1 は、自らが送信元となって、GPS 信号受信機からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス 6 A に出力する（ステップ S 1 0 4）。一方、IED 2 および IED 3 は、時刻同期信号のプロセスバス 6 A への出力を停止する（ステップ S 2 0 4，S 3 0 4）。以下、ステップ S 1 0 2，S 1 0 4，S 2 0 2，S 2 0 4，S 3 0 2，S 3 0 4 の手順が繰り返される。

20

【0059】

このように、サンプリング同期のために各 IED から各 MU へ出力する時刻同期信号に優先順位に関する情報（もしくは、送信元の IED アドレスを表す情報）が付加される。そして、各 IED は、自 IED の時刻同期信号よりも高位の優先順位の時刻同期信号を受信した場合には、自 IED からの時刻同期信号の出力を停止するようにしている。この結果、いずれかの IED が GPS 受信機からのタイミング信号を受信している限り、プロセスバス上には時刻同期信号の優先順位が最も高く設定された IED からの時刻同期信号のみが伝送され、複数の IED からの時刻同期信号が同時期に伝送されないので、通信のトラフィックを増大させることはない。さらに、各 MU は、複数の IED からの時刻同期信号を受信しないので、時刻同期信号の選択を誤らないという利点がある。

30

【0060】

図 7 は、図 6 の動作例において、IED 1 が GPS 受信機からのタイミング信号を正常に受信できなくなった場合を示すフローチャートである。

【0061】

図 1、図 7 を参照して、時刻同期信号の優先順位が最も高い IED 1 が、GPS 受信機からのタイミング信号を正常に受信できなくなると（ステップ S 1 2 0）、IED 2 および IED 3 は、プロセスバス 6 A から時刻同期信号を受信しなくなる（ステップ S 2 2 0，S 3 3 0）。このため、IED 2 および IED 3 は、自らが送信元となって、GPS 信号受信機からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス 6 A に出力する（ステップ S 2 2 4，S 3 2 4）。なお、IED 1 は、GPS 受信機からのタイミング信号を受信できない場合は、プロセスバス 6 A への時刻同期信号の出力を停止する（ステップ S 1 2 4）。

40

【0062】

次のタイミングで、IED 1 は、プロセスバス 6 A を介して入力された IED 2，IED 3 からの時刻同期信号を受信するので、より優先順位の高い時刻同期信号である IED 2 から時刻同期信号に従って SV データを読み込む（ステップ S 1 2 6）。なお、IED 1 は、GPS 受信機からのタイミング信号を受信できない場合は、プロセスバス 6 A への時刻同期信号を出力しない（ステップ S 1 2 8）。

【0063】

IED 2 は、プロセスバス 6 A を介して入力された IED 3 からの時刻同期信号の優先

50

順位よりも自 I E D の時刻同期信号の優先順位が高いため、G P S 信号受信機からのタイミング信号に同期したタイミングで S V データの読み込みを行う (ステップ S 2 2 6)。さらに、I E D 2 は、自らが送信元となって、G P S 信号受信機からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス 6 A に出力する (ステップ S 2 2 8)。

【 0 0 6 4 】

I E D 3 は、プロセスバス 6 A を介して入力された I E D 2 からの時刻同期信号の優先順位よりも自 I E D の時刻同期信号の優先順位が低いため、I E D 2 からの時刻同期信号に同期したタイミングで S V データの読み込みを行う (ステップ S 3 2 6)。さらに、I E D 3 は、プロセスバス 6 A への時刻同期信号の出力を停止する (ステップ S 3 2 8)。以下、ステップ S 1 2 6, S 1 2 8, S 2 2 6, S 2 2 8, S 3 2 6, S 3 2 8 の手順が繰り返される。

【 0 0 6 5 】

このように、高位の I E D からの時刻同期信号が消失すると、次の優先順位の I E D から時刻同期信号が自動的にプロセスバス上に送信される。各 I E D は、このプロセスバス上に送信される次優先順位の時刻同期信号に従って S V データを読み込むように構成される。このため、プロセスバス上には 1 つの I E D からの時刻同期信号のみが送信されるので、伝送路のトラフィックへの影響を減らすことができる。

【 0 0 6 6 】

[効果]

上記のとおり、第 1 の実施形態による保護システムでは、複数の I E D と複数の M U とがプロセスバスを介して相互に接続される。そして、各 I E D が発行可能なサンプリング同期のための時刻同期信号には、優先順位が設定される。各 I E D は、自 I E D の時刻同期信号よりも優先順位の高い時刻同期信号を、プロセスバスを介して受信した場合には、自 I E D からプロセスバスへの時刻同期信号の出力を停止するように構成される。したがって、時刻同期信号の優先順位が最も高く設定された I E D から各 M U に時刻同期信号がプロセスバスを介して送信されるようになる。この場合、時刻同期信号が最高位に設定された I E D からの時刻同期信号が消失した場合には、残りの I E D のうちで時刻同期信号が最も高位に設定された I E D から、時刻同期信号が自動的にプロセスバスに出力されるようになる。

【 0 0 6 7 】

この結果、プロセスバスには 1 つの I E D からの時刻同期信号が出力されるだけであるので、通信トラフィック容量の問題が生じない。さらに、各 M U には 1 つの時刻同期信号しか入力されないため、各 M U において時刻同期信号を選択する機能は必要にならない。

【 0 0 6 8 】

< 第 2 の実施形態 >

第 1 の実施形態では、各 I E D に対して時刻同期信号の優先順位を設定し、送信する時刻同期信号に時刻同期信号の優先順位を表す情報 (または送信元の I E D の識別情報) が付加された。そして、各 I E D は、自 I E D の時刻同期信号よりも高位の時刻同期信号を受信した場合は、プロセスバスへの時刻同期信号の出力を停止するように構成されていた。

【 0 0 6 9 】

第 2 の実施形態では、G P S 信号受信機から受信したタイミング信号に同期した高精度の時刻同期信号であるか否かを表す情報が、送信すべき時刻同期信号に付加される。そして、時刻同期信号が最高位に設定された I E D であっても、出力する時刻同期信号が G P S 信号受信機からのタイミング信号に同期したものでなく精度が低い場合には、時刻同期信号の優先順位が次順位に設定された I E D からの時刻同期信号に切り替わるようにしたものである。以下、図面を参照して具体的に説明する。

【 0 0 7 0 】

[保護システムの構成]

図 8 は、第 2 の実施形態による保護システムにおいて、I E D 7 A の構成を示すブロッ

10

20

30

40

50

クである。図 8 の I E D 7 A では、時刻同期制御回路 2 3 A が、時刻同期信号の精度を判定する G P S 判定部 2 8 を含む点で、図 4 の I E D 7 の時刻同期制御回路 2 3 と異なる。図 8 のその他の点は図 4 と同様であるので、同一または対応する部分には同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。

【 0 0 7 1 】

[保護システムの動作]

図 9 は、図 8 の時刻同期制御回路 2 3 A の動作を表形式で示す図である。図 8、図 9 を参照して、第 1 の実施形態の場合と同様に、各 I E D の時刻同期制御回路 2 3 A は、時刻受信回路 2 1 を介して受信した他の I E D からの時刻同期信号と、G P S 信号受信機 8 からのタイミング信号と、クロック生成回路 2 4 からのクロック信号とを受信する。なお、時刻同期信号には、時刻同期信号の優先順位を表す情報（または送信元の I E D の識別情報）に加えて、G P S 信号受信機から正常にタイミング信号を受信しているか否かを表す情報（G P S 正常受信フラグ）が付加されている。

【 0 0 7 2 】

時刻同期信号の優先順位は以下の (1) ~ (5) の順に従う。なお、下記の (1)、(3)、(4) の場合は、自 I E D からプロセスバス 6 に時刻同期信号を出力しない。

【 0 0 7 3 】

(1) プロセスバスから受信した時刻同期信号の優先順位が自 I E D の時刻同期信号の優先順位より高位であり、かつ、その時刻同期信号に付加された G P S 正常受信フラグが有効になっている場合（複数受信した場合は、その中で最も時刻同期信号の優先順位が高く設定されているものが優先される）。

【 0 0 7 4 】

(2) G P S 信号受信機からのタイミング信号を正常に受信し、時刻同期信号がこのタイミング信号に同期している場合。

【 0 0 7 5 】

(3) プロセスバスから受信した時刻同期信号の優先順位が自 I E D より高位であるが、その時刻同期信号に付加された G P S 正常受信フラグが全て無効になっている場合。

【 0 0 7 6 】

(4) プロセスバスから受信した時刻同期信号の優先順位が自 I E D の時刻同期信号の優先順位よりも低位であるが、その時刻同期信号に付加された G P S 正常受信フラグが有効になっている場合（複数受信した場合は、その中で最も時刻同期信号の優先順位が高く設定されているものが優先される）。

【 0 0 7 7 】

(5) 内部クロックに基づいて時刻同期信号を生成した場合。

具体的には、図 9 に示されているように、自 I E D よりも時刻同期信号の優先順位の高い I E D から、G P S 信号に直接基づく（すなわち、G P S の正常受信フラグが有効である）時刻同期信号（A 1）を受信した場合には、時刻同期制御回路 2 3 A は、自らプロセスバス 6 A に時刻同期信号を出力しない。さらに、時刻同期制御回路 2 3 A は、受信した時刻同期信号（A 1）に同期したタイミングで S V データ読み込みタイミング信号を生成する。

【 0 0 7 8 】

自 I E D よりも時刻同期信号の優先順位が高く設定された全ての I E D から、G P S 信号に直接基づく（すなわち、G P S の正常受信フラグが有効である）時刻同期信号（A 1）を受信していないが、自らが G P S 信号受信機 8 からタイミング信号（B）を正常に受信している場合、時刻同期制御回路 2 3 A は、受信したタイミング信号（B）に同期した時刻同期信号をプロセスバス 6 A に出力する。さらに、時刻同期制御回路 2 3 A は、G P S 信号受信機 8 から受信したタイミング信号（B）に同期するように S V データ読み込みタイミング信号を生成する。

【 0 0 7 9 】

自 I E D よりも時刻同期信号の優先順位の高く設定された全ての I E D から、G P S 信

10

20

30

40

50

号に直接基づかない(すなわち、GPSの正常受信フラグが無効である)時刻同期信号(A2)を受信しているが、自らがGPS信号受信機8からタイミング信号(B)を受信していない場合は、時刻同期信号がより低位に設定されたIEDからGPS信号に基づく時刻同期信号を受信しているか否かに応じて動作が異なる。まず、時刻同期信号がより低位の全てのIEDからGPS信号に基づく時刻同期信号を受信していない場合には、時刻同期制御回路23Aは、自らプロセスバス6Aに時刻同期信号を出力しない。さらに、時刻同期制御回路23Aは、受信した時刻同期信号(A2)に同期したタイミングでSVデータ読み込みタイミング信号を生成する(複数時刻同期の高位のIEDがある場合は、その中で最も優先順位が高く設定されているものが優先される)。一方、時刻同期信号がより低位に設定されたIEDからGPS信号に基づく時刻同期信号(D)を受信している場合には、時刻同期制御回路23Aは、受信した時刻同期信号(D)に同期したタイミングでSVデータ読み込みタイミング信号を生成する(GPS信号に基づく低位の時刻同期信号(D)を複数受信している場合には、その中で最も優先順位が高く設定されているものが優先される)。なお、この場合も、時刻同期制御回路23Aは、自らプロセスバス6Aに時刻同期信号を出力しない。

10

【0080】

自IEDよりも時刻同期信号が高位に設定された全てのIEDから時刻同期信号(A1, A2)を受信しておらず、自らがGPS信号受信機8からタイミング信号(B)を受信していないが、自IEDよりも時刻同期信号の低位のIEDから、GPS信号に直接基づく時刻同期信号(D)を受信している場合、時刻同期制御回路23Aは、自らプロセスバス6Aに時刻同期信号を出力しない。さらに、時刻同期制御回路23Aは、受信した時刻同期信号(D)に同期したタイミングでSVデータ読み込みタイミング信号を生成する(複数時刻同期の低位のIEDがある場合は、その中で最も優先順位が高く設定されているものが優先される)。

20

【0081】

自IEDよりも時刻同期信号が高位に設定された全てのIEDから時刻同期信号(A1, A2)を受信しておらず、GPS信号受信機8からタイミング信号(B)を受信しておらず、自IEDよりも時刻同期信号が低位に設定された全てのIEDから、GPS信号に直接基づく時刻同期信号(D)を受信していない場合、時刻同期制御回路23Aは、内部クロックに基づく時刻同期信号(C)を生成してプロセスバス6Aに出力する。さらに、時刻同期制御回路23Aは、生成した時刻同期信号(C)に同期したタイミングでSVデータ読み込みタイミング信号を生成する。

30

【0082】

上記のように、プロセスバスを介して受信した時刻同期信号の優先順位が自IEDの時刻同期信号の優先順位よりも高位であっても、その時刻同期信号がGPS信号受信機から受信したものでない場合には、GPS信号受信機からのタイミング信号に同期している次の時刻同期信号の優先順位のIEDからの時刻同期信号に自動的に切り替わる。この結果、高精度の時刻同期信号をプロセスバスに出力されるという利点がある。

【0083】

[時刻同期信号について]

上記の時刻同期信号の一例として、IEEE1588規格書(非特許文献2)に従った時刻同期信号を用いることができる。

40

【0084】

具体的に、IEEE1588規格書の56~57頁の7.6.2.6節およびテーブル7によれば、時刻同期信号には、どの信号に基づいた時刻であるかを表す情報(timeSource)が含まれている。GPS信号に基づく場合は、Value=20(GPS)となるが、内部クロックではValue=A0(INTERNAL_OSCILLATOR)となる。したがって、このValue値を使うことによって、GPS信号に直接基づくものであるか否かを判定することができる。1つのGPS信号受信機に全てのIEDが接続するシステムでは有効な方法である。

50

【 0 0 8 5 】

別の方法として、IEEE 1588規格書の55～56頁の7.6.2.5節およびテーブル6によれば、時刻同期信号に含まれる精度の情報(clockAccuracy)を用いることによって、時刻同期信号がGPS信号に基づいたものであるか否かを判定することができる。この場合、clockAccuracyのValue値が24以上の場合(精度誤差が1 μ sを超えた場合に対応する)、時刻同期信号がGPS同期から外れていることを意味する。保護リレーとして必要な精度から、Value = 27以上(Value = 27は、精度誤差が100 μ sの場合に相当)の場合、時刻同期信号がGPS信号に基づいていないと判定するのが妥当である。1つのGPS信号受信機に全てのIEDが接続されたシステムでは、すべて同じValue値になるので、この方法は、各IEDが複数のGPSレシーバーから個別に時刻同期信号を受信する場合に有効である。

10

【 0 0 8 6 】

[保護システムの動作の具体例]

図10は、図6の動作例において、IED1がGPS信号を受信できなくなった場合の動作例を示すフローチャートである。

【 0 0 8 7 】

図1、図10を参照して、時刻同期信号の優先順位が最も高く設定されたIED1が、GPS信号受信機8からタイミング信号を受信できなくなった場合には、IED1は、内部クロックに基づく時刻同期信号を出力する(ステップS140)。この場合、IED2およびIED3は、GPS信号受信機8からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス6Aに出力する(ステップS244, S344)。

20

【 0 0 8 8 】

IED1は、プロセスバス6Aを介して入力されたIED2からの時刻同期信号の優先順位が自IEDの時刻同期信号の優先順位よりも低いが、このIED2からの時刻同期信号はGPS信号受信機8からのタイミング信号に同期したものであるため、このIED2からの時刻同期信号に同期したタイミングでSVデータの読み込みを行う(ステップS146)。この場合、IED1は、プロセスバス6Aへの時刻同期信号の出力を停止する(ステップS148)。

【 0 0 8 9 】

IED2は、プロセスバス6Aを介して入力された高位のIED1からの時刻同期信号はGPS信号受信機8からのタイミング信号に同期したものでないため、自ら受信したGPS信号受信機からのタイミング信号に同期したタイミングでSVデータの読み込みを行う(ステップS246)。さらに、IED2は、自らが送信元となって、GPS信号受信機からのタイミング信号に同期した時刻同期信号をプロセスバス6Aに出力する(ステップS248)。

30

【 0 0 9 0 】

IED3は、プロセスバス6Aを介して入力されたIED1からの時刻同期信号はGPS信号に基づくものでなく、IED2からの時刻同期信号の優先順位よりも自IEDの時刻同期信号の優先順位が低いので、IED2からの時刻同期信号に同期したタイミングでSVデータの読み込みを行う(ステップS346)。さらに、IED3は、プロセスバス6Aへの時刻同期信号の出力を停止する(ステップS348)。以下、ステップS146, S148, S246, S248, S346, S348の手順が繰り返される。

40

【 0 0 9 1 】

[効果]

第2の実施形態の保護システムによれば、時刻同期信号の送信元のIEDの時刻同期信号の優先順位を表す情報と、時刻同期信号の精度を表す情報(たとえば、GPS信号受信機からのタイミング信号を正常受信しているか否かを表すフラグ)とが、時刻同期信号に付加されている。そして、各IEDが時刻同期信号を出力するか否かは、これらの情報に基づいて決定される。したがって、第2の実施形態によれば、第1の実施形態での効果に加えて、より精度の高い時刻同期信号をプロセスバスに出力することが可能になる。

50

【0092】

今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。この発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0093】

1 線路、2 電圧変成器、3 電流変成器、4 遮断器、5 マージングユニット、6, 6A, 6B プロセスバス、7 IED、8 GPS信号受信機、9 ハブ、10 アナログ入力回路、11 AD変換器、12 CPU、13, 26 PB制御回路、14, 20 通信制御回路、15, 21 時刻受信回路、16, 24 クロック生成回路、17 サンプリング制御回路、18 デジタル出力回路、22 優先順位記憶回路、23, 23A 時刻同期制御回路、25 時刻送信回路、27 保護制御演算部、28 GPS判定部、IED-PB1, IED-PB2, MU-PB1, MU-PB2 入出力ポート。

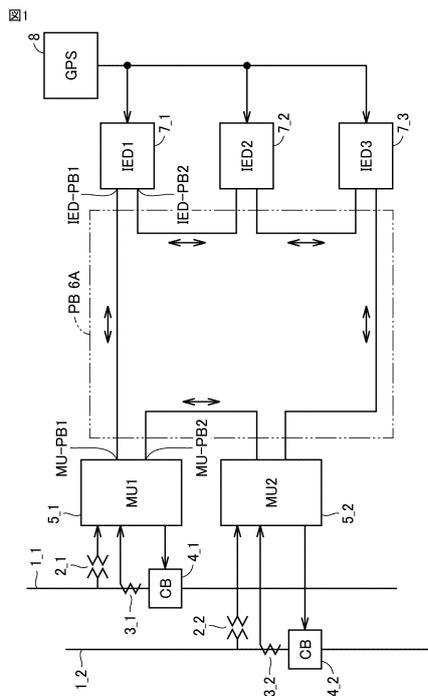
10

【要約】

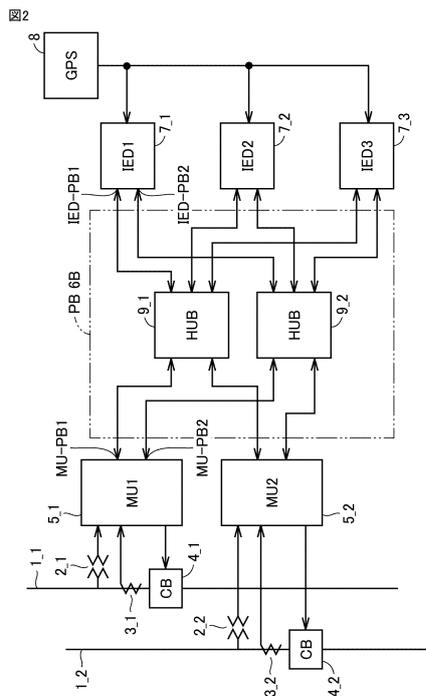
プロセスバス適用保護システムは、プロセスバス(6A)と、複数のMU(Merging Unit)(5_1, 5_2)と、複数のIED(Intelligent Electric Device)(7_1, 7_2, 7_3)とを備える。各MUは、プロセスバスを介して受けた時刻同期信号に同期したタイミングで電力系統の電流および電圧をサンプリングする。各IEDは、自らが送信元となって時刻同期信号をプロセスバスに出力可能に構成される。各IEDは、プロセスバスを介して他のIEDが送信元である時刻同期信号を受信可能である。複数のIEDには、優先順位が予め定められる。各IEDは、自IEDよりも優先順位の高いIEDが送信元である時刻同期信号を受信していない場合には、自らが送信元となって時刻同期信号をプロセスバスに出力するように構成される。

20

【図1】

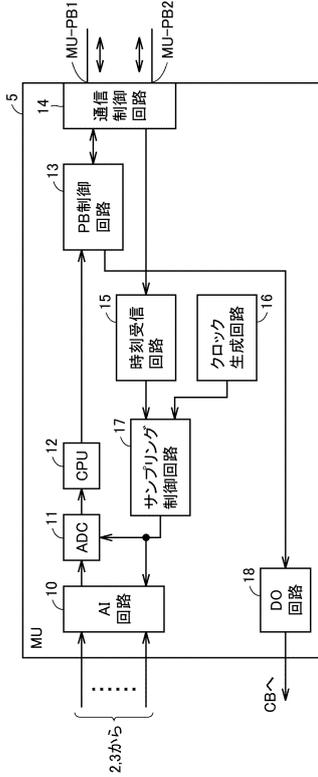


【図2】



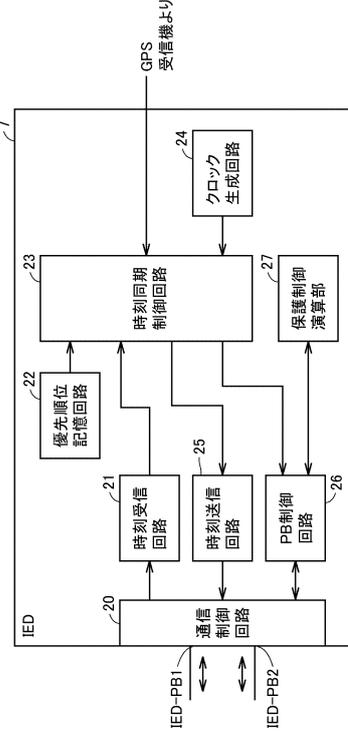
【図3】

図3



【図4】

図4



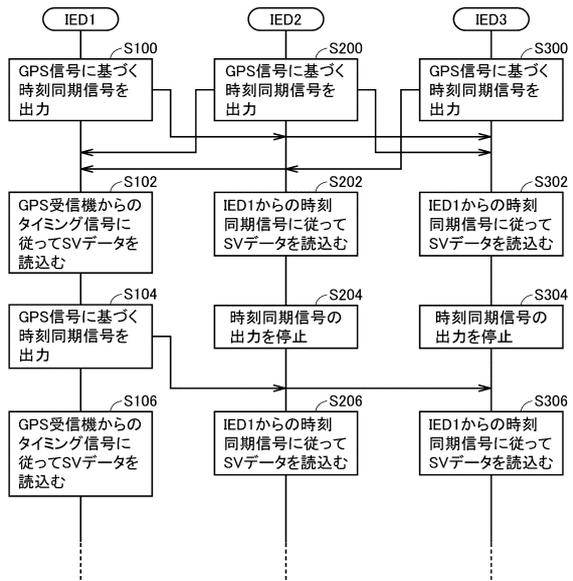
【図5】

図5

自IEDよりも高優先順位 の時刻同期信号A	GPS受信機からの タイミング信号B	自IEDよりも低優先順位 の時刻同期信号D	SVデータの読み込み 使用する信号	プロセッサ/バスに出力 する時刻同期信号
受信	受信	受信/受信せず	A	出力せず
受信	受信せず	受信/受信せず	A	出力せず
受信せず	受信	受信/受信せず	B	Bに同期した信号
受信せず	受信せず	受信	D	出力せず

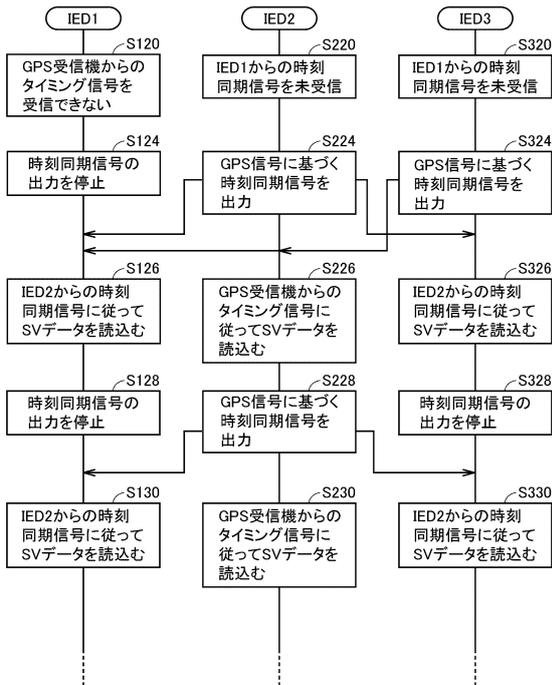
【図6】

図6



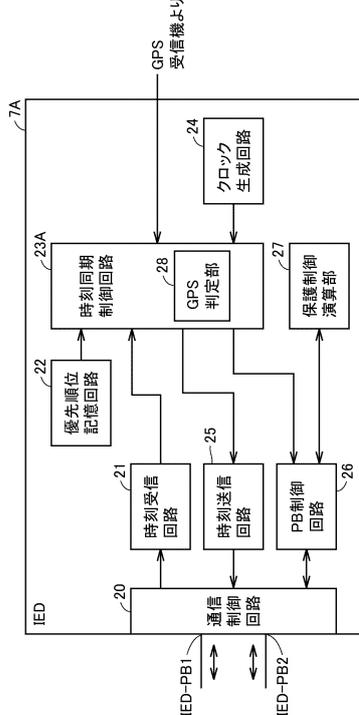
【図7】

図7



【図8】

図8



【図9】

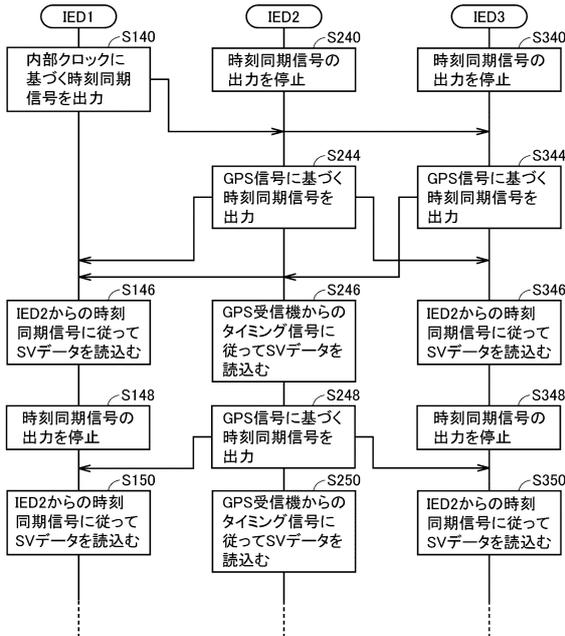
図9

GPSに基づく高優先順位の時刻同期信号A1	GPSに基づく高優先順位の時刻同期信号A2	GPS受信機からのタイミング信号B	GPSに基づく低優先順位の時刻同期信号D	SVデータの読み込みに使用する信号	プロセスバスに出力する時刻同期信号
受信せず	受信せず	受信せず	受信/受信せず	A1	出力せず
受信せず	受信せず	受信せず	受信/受信せず	A1	出力せず
受信(→受信せず)	受信(→受信せず)	受信	受信/受信せず	B	Bに同期
受信せず	受信(→受信せず)	受信せず	受信	D	出力せず
受信せず	受信	受信せず	受信/受信せず	A2	出力せず
受信せず	受信せず	受信	受信/受信せず	B	Bに同期
受信せず	受信せず	受信せず	受信	D	出力せず
受信せず	受信せず	受信せず	受信	内部クロックに基づくタイミング信号C	Cに同期

(注) プロセスバス上でGPSに基づく時刻同期信号(Bに同期またはD)を受信すると、高位のIEDは信号A2の送信を停止する。

【図10】

図10



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-078740(JP,A)
特開昭63-124711(JP,A)
国際公開第2014/112264(WO,A1)
特開2015-023742(JP,A)
国際公開第2013/054423(WO,A1)
米国特許出願公開第2013/0157593(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02H 3/02
H02H 3/28