

유압시스템의 에너지 절약 기술에 관한 특허 분석 Patent Analysis of Energy-Saving Hydraulic System

박형규 · 안경관

H. G. Park and K. K. Ahn

1. 서 론

오늘날 전 세계적으로 국제적인 유가 상승과 같은 화석에너지 비용의 증가 그리고 지구 온난화 억제를 위한 CO₂ 배출의 삭감 규제에 의하여, 에너지 효율에 관한 연구는 모든 기계산업에서 공통된 관심사이다. 또한 건설기계에 대한 유압시스템의 에너지 효율에 대한 요구가 증가하고 있다.

기본적으로 건설기계는 화석에너지를 열, 기계, 유압에너지 등으로 변환하여 사용하므로 그에 따라 에너지 손실도 발생한다. 따라서 엔진/펌프제어 및 주 제어 밸브에서의 압력손실 저감을 위주로 연비개선을 위하여 노력하고 있으나 아직도 에너지 효율이 다른 시스템에 비하여 상당히 낮은 상태이다. 또한 대다수의 산업용 플랜트 및 모바일 유압시스템에서는 엔진 또는 전동기가 구동되면 이와 연결된 유압 펌프를 항상 구동하는 기계적 메커니즘으로 구성되어 있거나, 에너지를 축적할 수 있는 상황에서도 에너지를 회수할 수 있는 시스템에 갖추어져 있지 않아 낭비되는 유압에너지 요소가 현재의 시스템에서는 많이 찾아 볼 수 있다. 특히 모바일 유압시스템의 대표적인 굴삭기의 경우에는 에너지 회생 및 효율을 개선하기 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다¹⁻³⁾.

건설기계 유압시스템의 에너지 절약 기술은 요소 기술, 시스템 개술 및 동력전달 매체 기술로 나누어 볼 수 있다. 요소기술에는 각 유압기기 단품에서의 마찰 저감 및 효율향상 기술로 대표될 수 있으며, 시스템 기술에는 시스템 전체의 효율 최적설계 기술, 분산화 기술, 유압에너지 회생 및 축적 기술, 유압 하이브리드 기술로 대변할 수 있다. 마지막으로 동력 전달 매체 기술로는 새로운 물성치를 가지는 작동유, 동력전달 효율의 향상 및 유압기계식 트랜스미션과 같은 새로운 방식의 동력 전달매체의 개발로 나누어 볼 수 있다. 최종적으로 유압시스템의 에너지 절약에

대한 기술적인 방향성은 서로 간에 중요하고, 유압시스템 전체에서 각 기술들이 연결되지 않으면 안 된다. 본 기사에서는 최근 10년간 건설기계의 에너지 절감 및 회생에 대한 특허를 정리함과 동시에 대표적인 특허를 소개한다.

2. 건설기계 유압시스템의 특허데이터

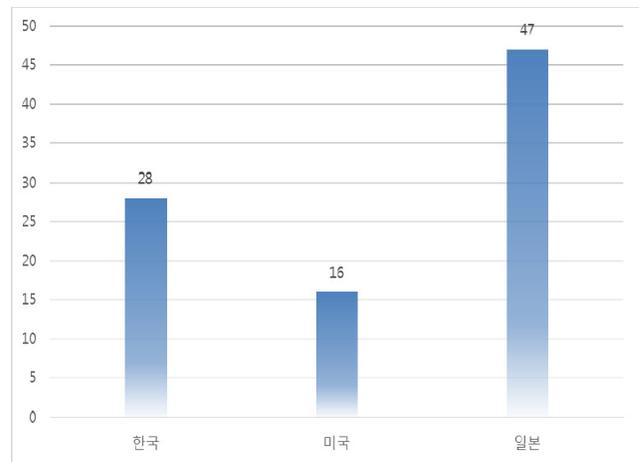


그림 2.1 건설기계 유압시스템의 에너지 절감 및 회생에 대한 최근 10년간 특허 등록 현황

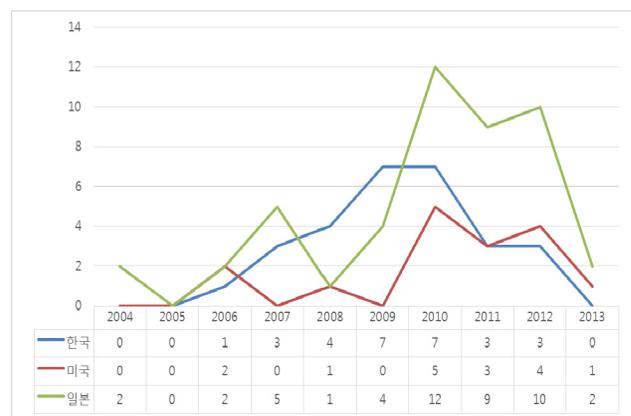


그림 2.2 건설기계 유압시스템의 에너지 절감 및 회생에 대한 최근 10년간 연도별 특허 현황

표 2.1 한국, 미국, 일본 특허 검색 내용

국가 코드	특허/실용 구분	문헌종류 코드	출원번호	출원일	발명의 명칭	공개번호	IPC (Main)	출원인 국적
KR	P	A	2012-0152315	2012-12-24	하이브리드 건설기계의 붐 구동 시스템 및 그 방법(BOOM ACTUATION SYSTEM OF HYBRID COSTRUCTION EQUIPMENT AND METHOD THEREOF)	2014-0083154	E02F-009/20	KR
KR	P	A	2012-0152304	2012-12-24	하이브리드 건설 기계의 아이들링 운전 장치(IDLE OPERATING APPARATUS FOR HYBRID CONSTRUCTION EQUIPMENT)	2014-0083153	E02F-009/20	KR
KR	P	A	2012-0139015	2012-12-03	재생 에너지를 이용한 건설기계의 작동기 구동회로(Hydraulic Circuit of Construction Machinery with Recycling Energy)	2014-0072365	F15B-021/14	KR
KR	P	A	2011-0144034	2011-12-28	건설기계의 브레이크 제어 장치(APPARATUS FOR CONTROLLING BRAKE FOR CONSTRUCTION EQUIPMENT)	2013-0075794	E02F-009/12	KR
KR	P	A	2012-7022165	2011-02-23	하이브리드 건설기계의 제어 장치(CONTROL DEVICE FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINE)	2012-0120362	E02F-009/20	JP
KR	P	A	2011-0002824	2011-01-11	터보차저를 이용한 에너지 재생 시스템 및 이를 포함하는 건설기계(Energy regeneration system using turbo-charger and construction machinery comprising the same)	2012-0081473	F02B-037/00	KR
KR	P	A	2013-7016260	2010-12-27	건설기계의 에너지 재생 시스템(ENERGY RECYCLING SYSTEM FOR A CONSTRUCTION APPARATUS)	2014-0010368	F15B-013/02	SE
KR	P	A	2010-0135025	2010-12-24	하이브리드 건설기계의 동력제어장치(POWER CONTROL APPARATUS FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINERY)	2012-0073046	E02F-009/20	KR
KR	P	A	2010-0134390	2010-12-24	하이브리드 건설기계의 선회제어장치(SWING CONTROL APPARATUS FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINERY)	2012-0072574	E02F-009/12	KR
KR	P	A	2010-0134307	2010-12-24	하이브리드 건설기계의 동력전달장치(POWER TRANSMISSION APPARATUS FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINERY)	2012-0072525	B60K-017/02	KR
KR	P	A	2013-7014515	2010-12-07	하이브리드 건설기계를 선회 제어시스템(SWING CONTROL SYSTEM FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINE)	2013-0138276	E02F-009/12	SE
KR	P	A	2011-7029505	2010-06-15	하이브리드형 건설기계 및 하이브리드형 건설기계의 제어방법(Hybrid construction machine and control method for hybrid construction machine)	2012-0023770	F02D-029/04	JP
KR	P	A	2012-7020153	2010-01-29	하이브리드식 건설기계(Hybrid construction machine)	2012-0110153	E02F-009/20	JP JP
KR	P	A	2011-7012528	2009-12-01	하이브리드형 건설기계(Hybrid construction machine)	2011-0091732	E02F-009/20	JP JP
KR	P	A	2009-0087401	2009-09-16	건설기계의 붐 위치에너지 회생 장치 및 방법(Apparatus And Method For Recovering Potential Energy Of Boom In A Construction Machinery)	2011-0029634	E02F-009/20	SE
KR	P	A	2009-0069576	2009-07-29	하이브리드식 건설기계의 연진회전수 변화저감 제어시스템 및 방법(Control System and Method For Reducing Change Of RPM In Hybrid Type Construction Machine)	2011-0012037	E02F-009/20	SE
KR	P	A	2009-0069575	2009-07-29	하이브리드식 건설기계의 제어시스템 및 방법(Control System and Method Of Hybrid Type Construction Machine)	2011-0012036	E02F-009/20	SE
KR	P	A	2010-7029214	2009-06-25	하이브리드식 건설기계(Hybrid construction machine)	2011-0021964	F02D-029/06	JP JP
KR	P	A	2010-7026215	2009-05-13	하이브리드 건설기계의 제어장치(CONTROLLER OF HYBRID CONSTRUCTION MACHINE)	2011-0031905	E02F-009/20	JP
KR	P	A	2010-7017534	2009-03-27	건설기계의 유압회로(HYDRAULIC CIRCUIT FOR CONSTRUCTION MACHINE)	2010-0127750	F15B-011/00	JP
KR	P	A	2010-7014164	2008-12-26	하이브리드식 건설기계(Hybrid construction machine)	2010-0099214	E02F-009/20	JP JP
KR	P	A	2010-7014018	2008-12-26	하이브리드형 건설기계 및 하이브리드형 건설기계의 제어 방법(Hybrid construction machine and control method of hybrid construction machine)	2010-0098536	E02F-009/20	JP
KR	P	A	2008-0133035	2008-12-24	건설기계의 선회장치(SWING APPARATUS FOR CONSTRUCTION MACHINERY)	2010-0074562	E02F-009/12	KR
KR	P	A	2008-0132208	2008-12-23	하이브리드 건설기계의 동력전달장치(POWER TRANSMISSION APPARATUS FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINERY)	2010-0073508	E02F-009/20	KR
KR	P	A	2007-0138932	2007-12-27	건설장비의 전자유압 시스템(ELECTRIC OIL PRESSURE SYSTEM OF CONSTRUCTION EQUIPMENT)	2009-0070802	E02F-009/22	KR
KR	P	A	2007-0138174	2007-12-27	건설기계의 유압공급장치(HYDRAULIC SUPPLY SYSTEM FOR CONSTRUCTION MACHINERY)	2009-0070240	E02F-009/22	KR
KR	P	A	2007-0024030	2007-03-12	건설기계용 유압회로(hydraulic circuit of construction machine)	2008-0083451	E02F-009/20	SE
KR	P	A	2006-7009373	2006-05-13	건설 기계의 유압 제어 장치(HYDRAULIC PRESSURE CONTROL DEVICE OF CONSTRUCTION MACHINERY)	2006-0096081	E02F-009/20	JP
US	P	A1	2013-771987	2013-02-20	CONSTRUCTION MACHINE WITH HYBRID DRIVE UNIT, REGENERATIVE DEVICE EQUIPPED IN CONSTRUCTION MACHINE, AND REGENERATIVE METHOD	2013-0218422	G06F-017/00	JP
US	P	A1	2012-000241	2012-02-27	HYBRID-TYPE CONSTRUCTION MACHINE	2013-0325269	E02F-009/20	JP
US	P	A1	2012-000241	2012-02-27	HYBRID-TYPE CONSTRUCTION MACHINE	2013-0325269	E02F-009/20	JP
US	P	A1	2012-979436	2012-01-19	CONSTRUCTION MACHINE HAVING REVOLVING STRUCTURE	2013-0298544	F15B-015/18	JP
US	P	A1	2012-979436	2012-01-19	CONSTRUCTION MACHINE HAVING REVOLVING STRUCTURE	2013-0298544	F15B-015/18	JP
US	P	A1	2011-877716	2011-10-05	CONSTRUCTION MACHINE HAVING SWING BODY	2013-0195597	E02F-009/20	JP JP
US	P	A1	2011-642621	2011-07-20	HYBRID CONSTRUCTION MACHINE	2013-0174556	E02F-009/20	JP
US	P	A1	2011-642621	2011-07-20	HYBRID CONSTRUCTION MACHINE	2013-0174556	E02F-009/20	JP
US	P	A1	2010-807048	2010-07-06	HORSEPOWER CONTROL SYSTEM OF A HYBRID EXCAVATOR AND CONTROL METHOD THEREFOR	2013-0103272	E02F-009/20	SE
US	P	A1	2010-639962	2010-06-28	CONTROL SYSTEM FOR A HYBRID EXCAVATOR	2013-0090771	G01M-001/22	SE
US	P	A1	2010-821574	2010-06-23	CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINE	2011-0029175	G06F-019/00	
US	P	B2	2010-819495	2010-06-21	System and method for controlling engine revolutions for hybrid construction machine		B60K-017/356	SE
US	P	A1	2010-819495	2010-06-21	SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING ENGINE REVOLUTIONS FOR HYBRID CONSTRUCTION MACHINE	2011-0028268	B60K-006/00	
US	P	A1	2008-057281	2008-03-27	Method of Controlling Engine Stop-Start Operation for Heavy-Duty Hybrid-Electric and Hybrid- Hydraulic Vehicles	2008-0177434	G06F-019/00	US
US	P	B2	2006-575045	2006-04-10	Work machine		E02F-005/02	JP
US	P	B2	2006-573866	2006-04-10	Swing drive device and work machine		F16D-031/02	JP
JP	P	A	2013-212433	2013-10-10	선회체를 갖는 건설기계	2014-001630	E02F-009/20	
JP	P	A	2013-042218	2013-03-04	건설 기계의 수압 구동 장치	2013-213396	E02F-009/22	
JP	P	A	2012-282904	2012-12-26	유압 제어 장치 및 이것을 구비한 건설기계	2014-126126	F15B-011/02	
JP	P	A	2012-149612	2012-07-03	하이브리드 건설기계	2014-013047	F15B-021/14	
JP	P	A	2012-119043	2012-05-24	하이브리드식 건설 기계	2013-245457	E02F-009/20	
JP	P	A	2012-101063	2012-04-26	건설기계의 구동 장치	2013-228055	F16H-057/04	
JP	P	A	2012-055697	2012-03-13	건설 기계의 기포 제거 시스템	2013-189781	E02F-009/22	
JP	P	A	2012-035687	2012-02-21	하이브리드형 구동 장치를 구비한 건설 기계 및 그 건설 기계에 구비되는 회생 장치와 회생 방법	2013-170406	E02F-009/20	
JP	P	A	2012-033270	2012-02-17	건설기계	2013-170597	F15B-011/00	
JP	P	A	2012-013186	2012-01-25	회로암 제어 장치, 이 회로암 제어 장치를 이용한 유압 제어 회로 및 건설기계의 유압 제어 회로	2013-151986	F15B-011/028	
JP	P	A	2012-006551	2012-01-16	건설기계의 에너지 회생 장치	2013-145035	F15B-021/14	
JP	P	A	2012-005644	2012-01-13	출식 건설기계	2013-144504	B60K-006/44	
JP	P	A	2011-271650	2011-12-12	건설 기계의 선회 장치	2013-122154	E02F-009/12	
JP	P	A	2011-229266	2011-10-18	압유 에너지 회수 장치 및 이것을 이용한 건설기계	2013-087869	F15B-021/14	
JP	P	A	2011-109917	2011-05-16	건설 기계의 유압 구동 장치	2012-241742	F15B-011/00	
JP	P	A	2011-100205	2011-04-27	건설 기계에 있어서 가변 유량 유압 모터에 의한 컨베이어 스크루용 유압 펌프의 유출 이용 방법	2012-229121	B65G-033/34	
JP	P	A	2011-083680	2011-04-05	건설 기계 및 그 제어 방법	2012-219653	F02D-029/04	
JP	P	A	2011-068865	2011-03-25	하이브리드형 건설 기계	2012-202145	E02F-009/20	
JP	P	A	2011-068649	2011-03-25	하이브리드식 건설 기계	2012-202142	E02F-009/20	
JP	P	A	2011-018261	2011-01-31	건설 기계의 유압 구동 장치	2012-159123	F15B-021/14	
JP	P	A	2011-011096	2011-01-21	선회체를 가지는 건설 기계	2012-154024	E02F-009/20	
JP	P	A	2013-547270	2010-12-27	건설기계의 에너지 재생 시스템	2014-502709	F15B-021/14	
JP	P	A	2010-251855	2010-11-10	건설 기계의 유압 제어 장치	2012-102801	F15B-011/00	
JP	P	A	2010-232173	2010-10-15	건설 기계의 선회 제어 장치	2012-087457	E02F-009/20	
JP	P	A	2010-220142	2010-09-30	가이던스 출력 장치 및 가이던스 출력 방법	2012-072632	E02F-009/26	
JP	P	A	2010-215549	2010-09-27	하이브리드 건설 기계의 연진 시동 제어 장치	2012-066786	B60W-010/08	
JP	P	A	2013-521665	2010-07-30	건설 기계용 선회 유량 제어 시스템 및 그 제어 방법	2013-532782	E02F-009/22	
JP	P	A	2010-112077	2010-05-14	하이브리드 건설 기계	2011-241539	E02F-009/20	
JP	P	A	2010-097216	2010-04-20	건설 기계	2011-226162	E02F-009/22	
JP	P	A	2010-072560	2010-03-26	하이브리드 건설 기계의 제어 장치	2011-202457	E02F-009/20	
JP	P	A	2010-050384	2010-03-08	전동식 건설 기계	2011-184922	E02F-009/20	
JP	P	A	2010-015750	2010-01-27	건설 기계의 펌프 제어 장치	2011-153572	F04B-049/06	
JP	P	A	2010-006001	2010-01-14	건설 기계	2011-144555	E02F-009/22	
JP	P	A	2009-278490	2009-12-08	건설 기계의 펌프 제어 장치	2011-122304	E02F-009/22	
JP	P	A	2009-277115	2009-12-06	연진 회전수 제어 장치	2011-117398	F02D-029/06	
JP	P	A	2009-145458	2009-06-18	건설 기계의 유압 제어 장치	2011-001744	E02F-009/22	
JP	P	A	2009-042107	2009-02-25	건설 기계의 유압 제어 장치	2010-196780	F15B-011/00	
JP	P	A	2008-113639	2008-04-24	건설 기계의 회동기 회전수 제어 장치	2009-264211	F02D-029/04	
JP	P	A	2007-311357	2007-11-30	유압 실린더 제어 장치 및 유압 실린더 제어 방법	2009-133442	F15B-011/08	
JP	P	A	2007-175422	2007-07-03	건설 기계의 연진 제어 장치	2009-013632	E02F-009/20	
JP	P	A	2007-073749	2007-03-20	건설 기계에 있어 관성체의 운동 에너지 및/또는 위치 에너지의 회생 방법 및 장치	2008-232307	F15B-021/14	
JP	P	A	2007-054304	2007-03-05	전동식 건설 기계	2008-214970	E02F-009/20	
JP	P	A	2007-041031	2007-02-21	건설 기계의 유압 구동 장치	2008-202343	E02F-009/20	
JP	P	A	2006-170270	2006-06-20	건설 기계의 에너지 절약 장치	2008-002505	F15B-011/00	
JP	P	A	2006-040984	2006-02-17	건설 기계의 동적 제어 장치	2007-217992	E02F-009/20	
JP	P	A	2004-344275	2004-11-29	건설 기계의 구동 장치	2006-152663	E02F-009/22	
JP	P	A	2004-299084	2004-10-13	유압 건설 기계의 제어 장치	2006-112280	F02D-029/04	

본 기사에서 소개하고자 하는 건설기계의 유압시스템에 대한 에너지 절감 또는 회생의 특허데이터는 한국, 미국, 일본의 최근 10년간 공개특허를 건설기계, 유압시스템, 하이브리드 또는 에너지의 키워드 방식으로 WIPS에서 검색하여 특허 데이터를 분류하였다. 그림 2.1은 검색된 특허에 대한 최근 10년 동안의 특허 등록 현황을 나타내며, 그림 2.2는 연도별 특허등록 건수를 나타내고 있다. 그림 2.1로부터 유압시스템의 에너지 절감 및 회생에 대한 최근 특허 등록 건수는 일본, 미국, 한국 순으로 나타나며, 그림 2.2로부터 2008년부터 건설기계의 유압시스템 에너지와 관련한 특허가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

일반적으로 특허는 출원한 기술을 나타내는 도면과 출원한 기술을 설명하는 문서로 이루어진다. 세부적으로는 국가코드, 국제특허분류, 출원번호, 공개특허번호 등을 번호로 표시하며, 공개일자, 출원일자 등 시간을 나타내는 숫자가 포함되어 있다. 따라서 대부분의 특허 데이터의 정보는 문자와 숫자로 이루어져 있는 문서형태로 존재한다. 표 2.1은 검색된 한국, 미국, 일본의 특허에 대한 내용이다. 표 2.1에서 국가 코드 KR은 한국, US는 미국, JP는 일본을 나타내며, 문헌 종류 코드 A는 한국 및 일본의 공개특허 공보, A1과 B2는 2001년 2월 이후의 미국의 특허 출원 및 특허 승인을 나타낸다.

3. 건설기계의 유압시스템 에너지 회생

본 장에서는 건설기계의 유압시스템에서 에너지 회생을 위한 특허 사례에 대해서 소개한다. 일반적으로 대표적인 건설중장비인 굴삭기의 에너지 절감의 관점에서 에너지 축적과 회생은 중요한 열쇠가 된다. 유압시스템에서 에너지의 회수축적 방식은 축적에너지의 형태와 요소기기의 구성에서, 어큐물레이터를 이용한 유압에너지 방식과 축전기를 이용한 전기에너지 방식 그리고 플라이휠을 이용하여 에너지를 저장하는 방식으로 구분할 수 있다⁴⁾. 특히, 굴삭기의 경우에는 선회 제동 시와 붐 실린더 하강 시에 소모되는 위치 에너지를 회수하며, 주로 어큐물레이터와 축전기를 이용한 에너지 저장 방식이 많이 개발되어지고 있다. 본 장에서는 굴삭기 붐의 위치에너지와 굴삭기 선회체의 운동에너지를 이용한 에너지 회생장치에 대해서 소개한다.

3.1 건설기계의 위치 에너지 회생 기술

기존 굴삭기의 유압 장치에서 방향 전환 밸브를 대신하여 전기모터의 정회전 및 역회전의 방향과 속도를 제어하여 굴삭기 붐의 유압 실린더를 상승 및 하강하며, 이때 붐 실린더의 하강 작동시 위치에너지에 따른 유압에 의해 전기에너지를 발전하여 배터리로 충전한다⁵⁾.

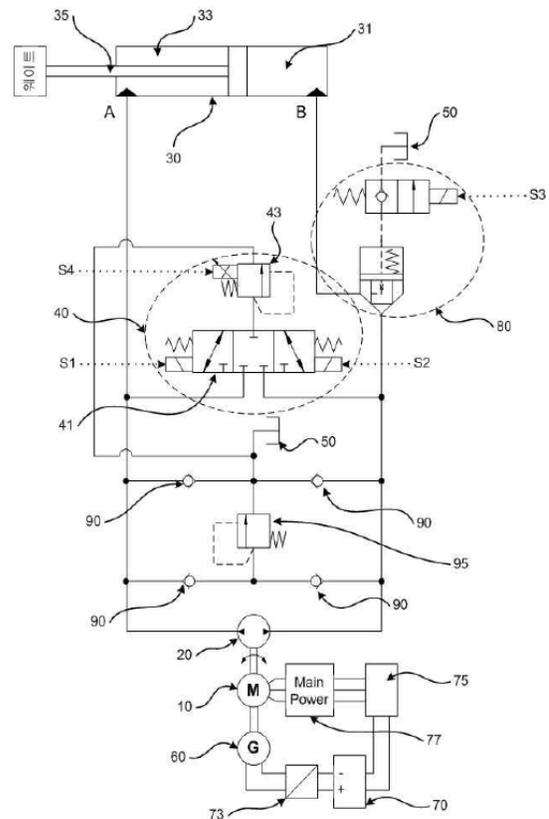


그림 3.1 건설기계 굴삭기의 붐 위치에너지 회생 장치에 대한 볼보 특허의 대표 도면

그림 3.1은 볼보 컨스트럭션 이큅먼트 에이비에서 출원한 건설기계의 붐 위치에너지 회생 장치 및 방법에 대한 특허의 대표 도면을 나타내고 있다. 전기모터와 양방향 유압펌프를 일체형 구동유닛으로 구비하고, 전기모터의 정역회전 방향 및 속도를 제어하여 붐의 유압실린더를 상승 및 하강하며, 붐 하강시에 발전기가 작동되어 전기에너지를 발전하여 배터리로 충전한다. 또한, 양방향 유압펌프를 통해 붐 하강시 고압라인에서 저압라인으로 흐르는 작동유에 의해 작동되는 유압펌프는 전기모터에 연결되어 역방향으로 가속 회전시켜 발전기를 구동한다. 그리고 붐 유압실린더에서 붐 하강과 굴착의 경우로 구별 판단하여, 굴착시에는 유압펌프를 통과한 후 고압이

되도록 하고 전기모터의 역방향 회전의 경우에는 발전기를 작동시키지 않아서 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 따라서 필요 작업시에만 전기모터를 구동하여 양방향 유압펌프를 구동하여 에너지 절감을 획기적으로 줄일 수 있으며, 위치에너지가 부하로 작용할 때는 전기모터와 발전기를 사용하여 유압 실린더의 위치에너지를 전기에너지로 회생하여, 기존의 시스템에 대하여 많은 에너지 절감/재생 될 수 있다.

3.2 건설기계의 운동에너지 회생 기술

건설기계의 굴삭기에 있어서의 관성체의 운동 에너지는 유압 모터에 의해 구동되는 하부 주행체 위에 선회 기구를 통하여 운동 에너지를 회생한다³⁾.

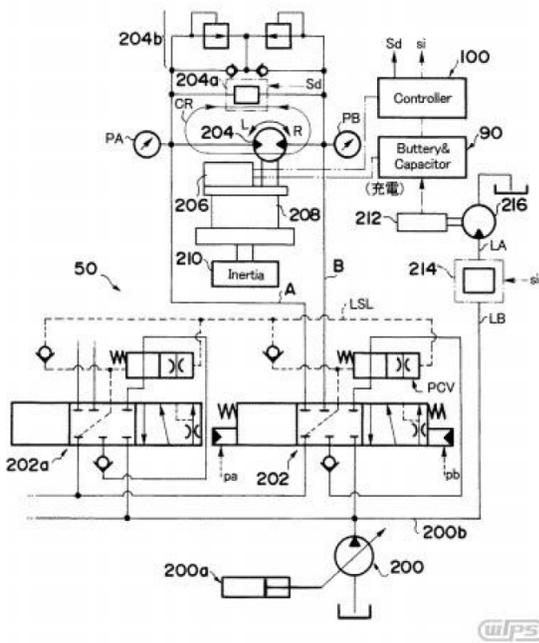


그림 3.2 상부 회전체의 운동에너지 회생 장치에 대한 TOSHIBA MACH의 특허 대표 도면

그림 3.2는 건설기계 굴삭기의 유압 장치에 있어서의 유압 액추에이터로서 선회용 유압모터 그리고 관성체로서 회전 관성체인 선회대로 한 경우에 있어서의 유압 장치를 나타낸다. 여기서 가변 용량 펌프는 릴리프 밸브 유닛에의 토출 유량이 사판 조정 기구인 개폐 밸브에 의해 제어된다. 이러한 시스템에서 발전기의 토크를 유압 액추에이터의 양 포트의 차압에 관련하게 하여, 발전기로서 작동하는 경우는 차압에 대한 토크 제어의 계인을, 전동기로서 작동하는 경우는 차압에 대한 토크 제어의 계인을 크게 설정하여, 관성체의 운동 에너지를 전기 에너지로서 변환하여 축전 장치에 저장할 수 있다. 또한 외부

신호에 의해 상기 유압 모터의 양 포트를 단락하는 바이패스 밸브를 조정 수단의 요소로 함으로써, 제동시의 유압 유로에 있어서의 유로 저항이 매우 작아지는 현상을 발생시켜 전기 에너지로서의 제동 및 회수를 효과적으로 수행하는 것이 가능하다.

4. 건설기계의 시스템의 효율향상

유압시스템의 경우, 원동기에서 유압펌프를 구동해서 유압에너지를 발생시키는 유압원이 필요하게 되고, 이러한 원동기의 역할을 전기모터나 내연기관의 엔진 등에 의존하게 된다. 따라서, 시스템의 전체 효율은 시스템을 구성하는 각 요소기계의 효율향상도 중요하지만 원동기의 에너지 효율도 함께 고려할 필요가 있다. 특히, 건설기계 등의 모바일 유압 시스템의 경우에는 엔진에 연결된 발전기나 충전된 축전지를 통한 전기에너지에 의존할 수 밖에 없다. 따라서 본 장에서는 건설기계의 엔진 효율향상을 위한 기술을 소개한다.

4.1 건설기계의 엔진 효율향상 기술

엔진의 효율향상을 위해 엔진에서 배출되는 에너지를 재생하는 터보차저를 이용한 시스템으로 그림 4.1에서 나타내고 있다. 일반적으로 터보차저는 엔진에서 나오는 배기가스의 압력을 이용하여 터빈을 회전시킨 후 이 회전력을 이용하여 공기를 대기압보다 높은 압력으로 압축하며, 이때 엔진은 더욱 많은 양의 공기와 연료의 혼합기를 이용하여 폭발행정을 수행할 수 있으며, 더욱 큰 에너지를 출력할 수 있다. 따라서, 건설기계에서는 터보차저의 회전력을 인출하는 동력 인출 장치(Power Take Off)에 의해 구동되는 유압펌프와 토출되는 작동유를 고압으로 축적하는 축압기 등이 요소를 조합하여 축압기 내에 고압의 작동유를 저장하도록 함으로써, 버려지는 에너지를 별도의 유압 구동원으로 사용하면서 엔진의 효율을 높일 수 있는 것을 특징으로 하는 시스템이다.

건설기계의 엔진 아이들링 운전 시, 엔진을 정지시키고 유압펌프를 엔진보조모터를 통해 구동시켜 연료의 소비를 줄이고 엔진의 재가동 시 응답성 저하 없이 건설기계의 액추에이터의 동작을 수행할 수 있는, 건설기계의 아이들링 운전 장치에 대한 도면을 그림 4.2에서 보여주고 있다. 건설기계 엔진의 아이들링 운전 장치의 구성은 엔진, 스타터 모터, 시동용 배터리, 유압펌프, 엔진보조모터, 에너지 저장부, 인버터 및 제어부를 포함한다. 이때 엔진은 유압펌

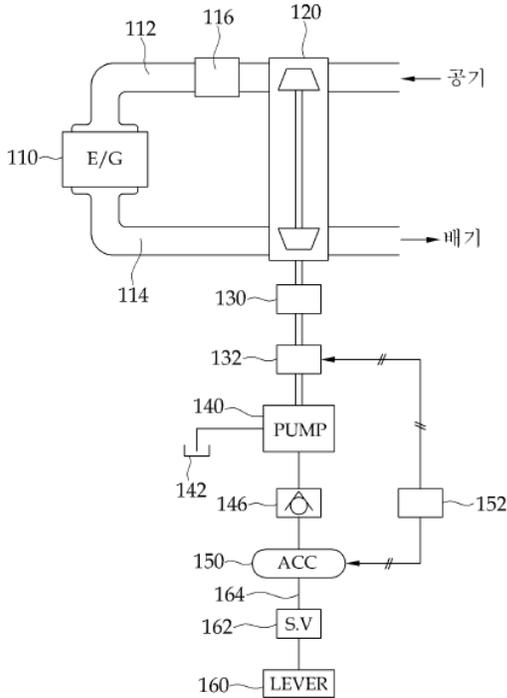


그림 4.1 터보 차저를 이용한 엔진 효율향상을 위한 두산인프라코어의 특허 대표 도면

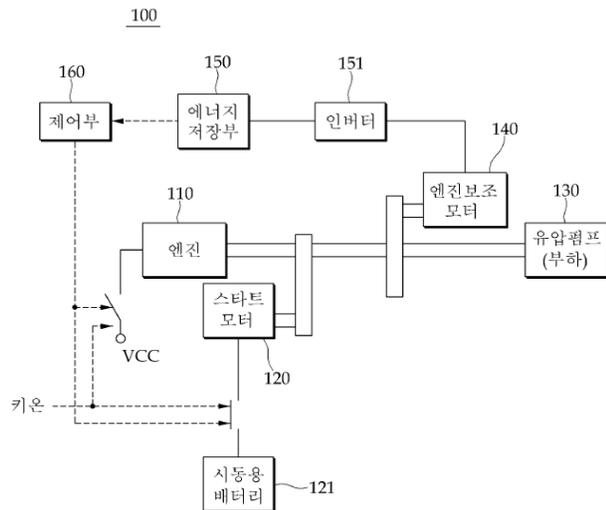


그림 4.2 건설기계의 엔진 효율향상을 위한 엔진 아이들링 운전 장치에 관한 특허 대표 도면

프와 구동축으로 연결되고, 사용자의 조작에 따라 유압펌프를 구동시킨다. 또한, 스타터 모터는 시동용 배터리로부터 전기 에너지를 공급받아 엔진의 시동 시 구동축을 구동시켜 엔진을 시동시킨다. 즉, 스타터 모터는 엔진의 초기 시동시 구동축을 구동시킨다. 여기서, 시동용 배터리는 전기 에너지를 저장하고, 시동시 스타터 모터에 전기 에너지를 공급한다. 그리고 유압펌프는 엔진과 연결되어 구동축을 통해 부하를 작동시키며, 엔진보조모터는 엔진과 유압펌

프 사이의 구동축에 연결되어 엔진의 동력을 보조하거나, 구동축에서 발생된 동력을 전기 에너지로 변환한다. 따라서 이 장치는 기본적으로 기존 차량의 동력 구성에서 엔진보조모터, 에너지 저장부, 인버터 등의 동력장치를 추가하여 엔진보조모터의 구동에 의해 연비를 개선하고 있다.

5. 결론

최근 10년간 건설기계의 유압시스템에 대한 에너지 회생 및 효율에 대하여 특허사례를 소개하였다. 건설기계에서 에너지 회생 및 절감을 위해 굴삭기의 붐 위치에너지 및 선회체의 운동에너지를 저장하는 유압시스템에 대해서 많은 개발이 진행 되어지고 있다. 따라서, 건설기계의 유압시스템은 현재 고효율 저효율 시스템으로 요소기구 및 엔진등에 대하여 소형, 고효율, 고효율을 위한 개발은 끊임없이 발전시켜나가지 않으면 안 되는 주제이다.

또한, 건설기계 및 플랜트 분야에서의 유압시스템에 대해서 분야별 용도에 부합하는 에너지 회생 및 절감에 대한 유압시스템이 개발되어야 한다.

참고 문헌

- 1) T. Lin, Q. Wang, B. Hu, and W. Gong, "Development of hybrid powered hydraulic construction machinery," Automation in Construction, vol. 19, no. 1, pp. 11 - 19, 2010.
- 2) H. Han, M. Liu, and X. Cao, "Research of electronic energy saving control technology in construction machinery," Advanced Materials Research, vol. 443-444, pp. 272 - 276, 2012.
- 3) R. Finzel, S. Helduser, and D. S. Jang, "Electro-hydraulic control systems for mobile machinery with low energy consumption," in Proceedings of the 7th International Conference on Fluid Power Transmission and Control, pp. 214 - 219, 2009.
- 4) K. Rydberg, "Hydraulic Hybrids - the new generation of energy efficient drives", Proc. ISFP in Hangzhou China 2009, pp.899-905, 2009.
- 5) Xin Dai, Chengning Zhang, Siguang Li, "Fuzzy PID control for boom energy recovery on hybrid hydraulic excavator", 2011 IEEE International Conference on CSAE, Vol. 2, pp. 154-157, 2011.

[저자 소개]



박형규

E-mail:gyunious@ulsan.ac.kr

Tel : 052-259-2174

2013년 부산대학교 기계공학과 박사.

2013년 울산대학교 기계공학부 포스닥.

2013년~현재 울산대학교 유공압 및 지능기계연구실 Research Fellow. 메카트

로닉스, 유공압 시스템의 자동제어 및 지능제어, 에너지 회생 및 절감을 위한 유압시스템, 로봇틱스 연구에 종사. 제어로봇 시스템학회, 한국자동차공학회, 한국정밀공학회, 유공압건설 기계학회 등의 회원, 공학박사



안경관

E-mail : kkahn@ulsan.ac.kr

Tel : 052-259-2282

1990년 서울대학교 기계공학과 졸업(공학사), 1992년 한국과학기술원 기계공학과 석사졸업, 1999년 동경공업대학 정밀

기계시스템 박사 과정 졸업. 1992년 삼성중공업 중장비 사업본부 입사, 2000년~현재 울산대학교 교수. 유공압시스템의 지능제어, 에너지 회생을 위한 유압시스

템 및 기능성유체를 이용한 새로운 액추에이터의 연구에 종사. 유공압건설기계학회 편집이사, 대한기계학회, 한국정밀공학회, 제어자동화시스템공학회, IEEE, 일본기계학회, 일본유공압학회, 일본계측자동제어학회, 일본 로봇학회 등의 정회원, 공학박사